



**ANDREIA ALBINA
FERREIRA LEITE**

**ELECTRIFICAÇÃO DE ZONAS RURAIS EM PAÍSES
EM DESENVOLVIMENTO**



Universidade de Aveiro
2011

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia
Industrial

**ANDREIA ALBINA
FERREIRA LEITE**

ELECTRIFICAÇÃO DE ZONAS RURAIS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Doutor Nelson Amadeu Dias Martins, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais pelo incansável apoio.

o júri

presidente

Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

O meu sincero agradecimento e reconhecimento ao Doutor Prof. Nelson Amadeu Dias Martins pela orientação primordial na elaboração desta dissertação e pela compreensão e paciência demonstrada.

A minha gratidão e reconhecimento ao Eng.º Luís Pedro Amaral pela atenção dispensada.

Por fim, mas não menos reconhecidos, aos meus pais, familiares próximos e amigos que directa ou indirectamente apoiaram-me e acompanharam-me neste percurso.

palavras-chave

desenvolvimento sustentável, electrificação rural, política energética, produção centralizada, produção descentralizada.

resumo

A electrificação de áreas rurais contribui para o desenvolvimento humano e é um factor de diminuição da migração da população para as áreas urbanas, ao incrementar o acesso a saúde, educação e a bens fundamentais de sobrevivência, como água tratada. O abastecimento de energia eléctrica nas zonas rurais dos países em desenvolvimento tem sido assegurado principalmente por empresas integradas no poder governamental, devido a electrificação rural confortar questões de pobreza de diversa ordem. O objectivo desta dissertação é analisar e comparar sistemas centralizados e descentralizados de produção de electricidade recorrendo a diferentes tecnologias.

Para o efeito foi utilizada uma ferramenta de apoio à decisão baseada na simulação de sistemas energéticos, LEAP- Long Range Alternative Planning System. De entre as conclusões do trabalho pode-se destacar que a electrificação rural deve integra-se na estratégia de desenvolvimento do meio rural. Sendo competência do poder político decidir se, o mais importante é ter um grande número de famílias com acesso a electricidade ou considerar um desenvolvimento moroso e mais estruturado.

A produção descentralizada evidencia-se como uma solução capaz para satisfazer as necessidades da procura e garantir o desenvolvimento sustentável. No entanto, os sistemas de energia integrada demonstram ser a melhor solução capaz de assegurar e garantir a segurança de abastecimento das populações tanto dos países desenvolvidos como dos em desenvolvimento.

keywords

sustainable development, rural electrification, energy policy, production centralized, production decentralized.

abstract

The electrification of rural areas contributes of human development and is a decreasing factor of the population migration to urban areas, by increasing access to health, education and Basic necessities for survival such as potable water. In developing countries the electricity supply in rural areas has been mainly achieved by companies integrated in the government power, due to poverty issues that rural electrification may confront.

The aim this thesis is to analyze and compare decentralized energy production systems and centralized energy production through an application of different technologies. For this purpose a decision support tool based on energy systems simulations was used, LEAP- Long Range Alternative Planning System. Among the conclusion of this work it is noted that rural electrification should be part of the strategy for development of rural areas. Being the political power competent to decide whether the most important is to have a large number of families with electricity access or considering a longstanding and more structured development.

The decentralized production becomes evident as a solution able to satisfy the needs of demand and ensure sustainable development. However, integrated energy systems are shown to be the best solution capable to ensure and guarantee the security of supply for the population of both developed and developing countries

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	I
Índice Figuras	III
Índice de Tabelas	IV
Nomenclatura e Abreviaturas.....	v
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do Tema de Estudo	1
1.2 Revisão bibliográfica.....	2
1.3 Objectivo e contribuição da dissertação.....	8
1.4 Organização da dissertação	9
2 Energia e Sustentabilidade	9
2.1 Política energética	10
2.1.1 Parceria energética entre a Europa e África	11
2.1.2 Indicadores de desenvolvimento.....	12
2.1.3 Dependência energética.....	16
2.1.4 Mix energético	20
2.1.5 Produção, distribuição e utilização de electricidade	21
2.1.6 Electrificação Rural.....	24
2.1.7 Apoio a medidas energéticas.....	31
2.1.8 Tecnologias energéticas.....	33
2.2 Electrificação e Desenvolvimento Sustentável.....	34
2.2.1 Conceito de sustentabilidade.....	35
2.2.2 Conceito de zona rural.....	36
2.2.3 Electrificação e desenvolvimento humano	37
2.3 Resumo do capítulo 2.....	42
3 Caso de Estudo – Município Alto Cauale, Angola	45

3.1	Angola	46
3.1.1	Enquadramento de Angola no Mundo	46
3.1.2	Procura e oferta energética	47
3.1.3	Pobreza em Angola	49
3.2	Área rural em análise: Alto Cauale	51
3.3	Resumo do capítulo 3	52
4	Metodologia Aplicada	52
4.1	Aplicação do Leap	53
4.1.1	Procura energética	53
4.1.2	Criação de cenários	55
4.1.3	Análise de cenários	58
4.2	Resumo do capítulo 4	60
5	Conclusão e Desenvolvimentos Futuros	62
6	Bibliografia:	66

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1: Evolução das políticas de desenvolvimento visando a sustentabilidade [16].	10
Figura 2.2: Esquematização dos parâmetros de análise do IDH [13].	13
Figura 2.3: O conceito de desenvolvimento humano para um planeta partilhado [13].	14
Figura 2.4: Intensidade energética primária por região do mundo em 2002 (as setas mostram a variação entre 1990 e 2002) [10].	15
Figura 2.5: Variações nas intensidades energéticas primárias e finais (1990-2002) [10].	16
Figura 2.6: Representação simples de um sistema teórico de energia [2].	18
Figura 2.7: Representação completa de um sistema de energia real [2].	19
Figura 2.8: Distribuição do consumo de energia primária no mundo em 2007 [24].	20
Figura 2.9: Geração de energia eléctrica no mundo por energias primárias [12].	20
Figura 2.10: Ilustração de dois tipos de produção de electricidade [23].	22
Figura 2.11: Relações institucionais na electrificação rural [1].	26
Figura 2.12: Triângulo do desenvolvimento sustentável [21].	35
Figura 2.13: Relação do sector energético com o desenvolvimento humano [27].	37
Figura 2.14: Ciclo de desenvolvimento com base no acesso a energia [8].	38
Figura 2.15: Ilustração da população mundial sem acesso á electricidade em áreas em desenvolvimento [28].	38
Figura 2.16: Gráfico ilustrativo da relação entre da taxa de electrificação e da população sem acesso à electricidade [29].	40
Figura 2.17: Relação do IDH e o número de filhos por mulher [14].	42
Figura 3.1: Localização e mapa de Angola [34].	46
Figura 3.2: Geração de electricidade em Angola por fonte de combustível [12].	47
Figura 4.1: Desagregação dos consumos per capita por sector no ano de base.	55
Figura 4.2: Oferta de energia em cada cenário.	59
Figura 4.3: Custos sociais de implementação dos cenários.	59
Figura 4.4: Emissão de Gás com efeito de estufa pelos cenários	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Classificação dos países através do IDH e componentes [13].	13
Tabela 2.2: Principais reformas do sector eléctrico nos países em desenvolvimento [2].	29
Tabela 2.3: Acesso Electricidade em 2009 [29].	39
Tabela 3.1: Entidades e competências responsáveis pelo sector eléctrico angolano [4].	49
Tabela 4.1: Premissas base de análise [9].	53
Tabela 4.2: Características dos cenários do lado da oferta de energia.	56
Tabela 4.3: Taxa de crescimento anual do sector de serviços.	56
Tabela 4.4: Taxa de crescimento anual do sector de serviços	57
Tabela 4.5: Custos de capital e O&M dos sistemas energéticos em análise [14].	57
Tabela 4.6: Custo de importação de combustíveis [44].	58

NOMENCLATURA E ABREVIATURAS

OCDE Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONU Organização das Nações Unidas

SSA África Subsaariana

UE União Europeia

IDH - Índice Desenvolvimento Humano

IRES – Sistema Integrado de Energia Renovável

RE – Electrificação Rural

GEE – Gases com Efeito de Estufa

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sócio – económico, de uma pequena fracção da humanidade e o aumento global da população têm contribuído para o aumento do consumo de energia, assente em processos de combustão de matérias-primas de origem fóssil. Muitos países, para satisfazer os índices de consumo de energia da sociedade são obrigados a importar recursos energéticos, estando dependentes de países produtores de matéria-prima de origem fóssil.

Actualmente, patenteia-se uma alteração das políticas de consumo de energia tendo por base o conceito de desenvolvimento sustentável. Neste âmbito o desenvolvimento de países com menor índice de desenvolvimento é de extrema importância para a segurança e estabilidade energética, dos países mais desenvolvidos. O acesso à energia é fundamental no combate à pobreza, pois aumenta a qualidade de vida da população.

A electrificação rural nos países em desenvolvimento é um factor de diminuição de migração da população para as áreas urbanas. Por potenciar o aumento da agricultura, acesso à educação, saúde e através dos meios de telecomunicação aproxima as populações mais isoladas ao mundo.

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA DE ESTUDO

Agência Internacional de Energia divulga que em 2009 existem no mundo 1.3 mil milhões de pessoas sem acesso à electricidade, corresponde aproximadamente a 20% da população mundial [1]. Onde mais de 95% das pessoas sem electricidade vivem nos países em desenvolvimento. Na África Subsaariana só 12% da população nas áreas rurais teve acesso à electricidade Comparando este valor, com os de 2000 verifica-se um decréscimo de 7% de pessoas sem acesso à electricidade. Nos países em desenvolvimento a maioria da população recorre a combustíveis de origem fóssil, essencialmente biomassa, para cozinhar [2].

Um dos problemas do fornecimento eléctrico às zonas rurais é a falta de interesse das empresas privadas, devido à inexistência de políticas, estruturas institucionais adequadas e por o sistema eléctrico ser caracterizado por consumidores dispersos, de baixo consumo e factor de carga baixa.

Com a falta de interesse das empresas privadas, o abastecimento de energia eléctrica nas zonas rurais tem sido assegurado principalmente por empresas integradas no poder

governamental, que são dependentes de subsídios governamentais; devido a electrificação rural confrontar questões de pobreza. É da responsabilidade do poder governamental formular políticas de incentivo a empresas privadas e públicas. Uma vez que a baixa rentabilidade é enumerada como obstáculo para o processo de electrificação rural pelas empresas privadas [2].

A falta de infra-estruturas nas zonas rurais retarda o acesso eléctrico por expansão da rede e incrementa os custos de investimento. Tornando a produção descentralizada de energia numa opção viável quanto a produção centralizada.

A projecção de cenários de procura energética a médio e longo prazo através da modelação, permite analisar a evolução do sistema energético e perceber quais as melhores políticas e decisões a aplicar.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A crescente procura de energia na forma de electricidade é preocupante a nível mundial. Uma breve revisão bibliográfica revela que a energia e o acesso a energia são duas questões críticas nas conferências internacionais. Um relatório da AIE (agência internacional de energia) (2011) [1] evidencia a disparidade entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. Enquanto os países desenvolvidos ou as economias avançadas têm exigido um acesso seguro a fontes modernas de energia para assegurar o seu desenvolvimento e riqueza, os países menos desenvolvidos esforçam-se em assegurar energia suficiente para atender às necessidades básicas.

Os países desenvolvidos recorrem normalmente a formas modernas de produção de energia para garantir um abastecimento seguro e confiável a população, reduzir a sua dependência de combustíveis fósseis e aumentar a percentagem de energias renováveis no seu mix energético; com o objectivo de cumprir as metas do protocolo de Quioto. Por sua vez, nos países em desenvolvimento as formas modernas de produção de energia com recurso as energias renováveis são, enumeradas como, uma das soluções para a electrificação, principalmente das zonas rurais.

A electrificação rural é uma temática actual na literatura e em estudo. As análises e investigações sobre a contribuição do actual quadro de fornecimento e utilização de energia, bem como as alternativas energéticas existentes, para o desenvolvimento rural demonstram alguma negligência, por parte, do poder político e da comunidade científica neste campo. Questões como: será plausível, os países em desenvolvimento seguirem o

mercado e plano energético dos países desenvolvidos, e existira energia primária de origem fóssil suficiente para toda a Humanidade, são analisadas por diversos autores.

Haanyika (2005) [2], *Kankam e Boon* (2010) [3], *Thiam* (2010) [4], *Oda e Tsujita* (2011) [5], *Chaurey e Kandpal* (2010) [6], *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7], *Hammond e Kenausoor* (2009) [8] e *Kanase-Patil, Saini e Sharma* (2009) [9], têm centrado a sua análise nos processos de implementação de sistemas energéticos nos países em desenvolvimento e quais os caminhos mais vantajosos para alcançar o desenvolvimento sustentável. O presente trabalho pretende responder as duas questões colocadas anteriormente na perspectiva de implementação de sistemas eléctricos em zonas rurais de países em desenvolvimento tendo por base o apoio a decisão e formulação de políticas energéticas. Ao longo da dissertação será referido estudos e conclusões de alguns autores.

A população não está interessada na electricidade, mas sim no que esta lhes pode proporcionar. Mas será a electricidade um agente de desenvolvimento das comunidades? Autores como *Haanyika* (2005) [2] e *Thiam* (2010) [4], e *Oda e Tsujita* (2011) [5] defendem que a electricidade concede a comunidade benefícios económicos e sociais ao proporcionar bem-estar, conforto, desenvolvimento, criação de emprego e segurança a população. *Thiam* (2010) [4] refere que o acesso a energia é de extrema importância nas zonas rurais de países em desenvolvimento, pois aumenta o nível de vida da população rural e melhora a qualidade de vida ao conceder conforto á população através da aquisição de bens (tais como rádios, televisores, frigoríficos entre outros). Na mesma abordagem, *Haanyika* (2005) [2] enuncia que o acesso a electricidade confiável e acessível em áreas rurais tem o potencial de melhorar a prestação de serviços sociais como saúde e educação, e aumentar a irrigação de culturas agrícolas e o processamento e conservação de produtos. *Oda e Tsujita* (2011) [5] enaltecem o impacto positivo da electricidade na vida das mulheres das áreas rurais, que pela bombagem de água adquirem tempo livre para outras actividades como estudar.

No seguimento do parágrafo anterior, a electricidade é indispensável para o desenvolvimento sócio – económico de uma comunidade. Um estudo elaborado pela AIE (agência internacional de energia) (2011) [1] revela que em 2009 existiam 1.3 mil milhões de pessoas no mundo sem acesso a electricidade. Este número corresponde aproximadamente a 20% da população mundial e deve-se essencialmente a falta de reformas do plano energético de muitos países em desenvolvimento, a pobreza verificada nas áreas rurais e a falta de cooperação e acção da comunidade internacional. *Haanyika*

(2005) [2] refere que alguns dos problemas que circundam a electrificação rural nos países em desenvolvimento devem-se a políticas inadequadas, fracas estruturas institucionais e financiamentos limitados.

O conceito de desenvolvimento sustentável é recorrentemente utilizado nos discursos políticos, que salientam a necessidade de equilíbrio entre os vértices do triângulo de sustentabilidade. No entanto, na prática o factor económico prevalece face ao ambiental e social. Ao longo dos anos é verificado uma desigualdade na distribuição de recursos do meio ambiente, estando os países desenvolvidos favorecidos e assegurando assim um crescimento económico contínuo.

O consumo desmedido de combustíveis fósseis dos países desenvolvido devido a crescente procura energética e desenvolvimento económico está levar ao esgotamento dos combustíveis fósseis. Neste contexto, o Banco Mundial (2004) [10] tem restringido o consumo de combustíveis fósseis através do protocolo de Quioto e promovido o desenvolvimentos sustentável nos países em desenvolvimento através da implementação de tecnologias mais limpas. Uma vez, que o mercado económico dos países desenvolvidos é frágil e tem contribuído para destruição do meio ambiente. Como *Wall* (1997) [11] cita, a revolução industrial levou-nos para longe da natureza e do comportamento natural; sendo o esgotamento de recursos e a destruição ambiental, uma problemática global que está ser, constantemente, transferida para as gerações futuras.

Presentemente as alterações climáticas são visíveis e tendem-se a agravar, devido a geração de energia nos países desenvolvidos assentar em combustíveis fósseis e por estes serem os maiores consumidores de energia, segundo AIE (2010) [12] e *Borges* (2010) [13].

Nos países em desenvolvimento a biomassa e o queroseno são as principais formas de energia utilizadas nas zonas rurais pelo sector doméstico. Um estudo realizado por *Kankam* e *Boon* (2009) [3] no Gana indica que 71% do sector domésticos nas zonas rurais não electrificadas utilizam a biomassa como energia para cozinhar e lâmpadas de queroseno para a iluminação. Nas zonas electrificadas o sector doméstico recorre a electricidade, biomassa e a lâmpada de queroseno. Este facto é indicativo que nas zonas electrificadas a electricidade é uma opção de energia e não um substituto a biomassa e queroseno. Os mesmos autores referem que tanto nas zonas não electrificadas como electrificadas a biomassa é a energia utilizada para cozinhar.

A electrificação de zonas rurais de países em desenvolvimento é um dos caminhos para a sustentabilidade mundial, ao permitir o desenvolvimento económico do meio rural e a

redução da pobreza extrema. Alguns autores como *Oda e Tsujita* (2011) [5], *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7], *Hammond e Kemausuor* (2009) [8] realçam que as políticas públicas com objectivo de redução da pobreza e desigualdades necessitam dar prioridade a questões como educação, saúde e criação de emprego, pois ambas estão relacionadas directamente com a disponibilidade de electricidade. Desta forma as políticas devem incluir e financiar medidas de electrificação, através do plano de electrificação rural. A literatura tem apontado algumas barreiras na electrificação rural dos países em desenvolvimento, *Haanyika* (2005) [2] aponta o financiamento limitado, o alto custo de desenvolvimento de transporte de energia, a falta de infra-estruturas, a dependência dos fornecedores em relação ao poder governamental e a baixa procura e consumo de electricidade nas zonas rurais.

Vários autores entre os quais *Kankam e Boon* (2009) [3] referem que a reforma do sector eléctrico dos países em desenvolvimento deve ser direccionada para as alterações estruturais e/ou privatização. No entanto é verificado em alguns casos, que esta medida de reforma, não foi impulsionadora de desenvolvimento antes pelo contrário como refere *Haanyika* (2005) [2], *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7] na sua análise. O insucesso das reformas do sector energético em vários países deve-se essencialmente, ao tamanho do mercado energético, a falta de interesse dos investidores privados e a relutância dos políticos em abandonar o controlo do sector eléctrico.

Algumas das reformas adoptadas pelo poder governamental são: a privatização do sector eléctrico, a integração da electrificação rural no desenvolvimento rural e a participação da população das áreas rurais, isto é, tornarem-se produtores de energia. A bibliografia refere a importância da privatização do sector da energia e uma regulação independente. Uma vez que a necessidade de retorno razoável pelas empresas produtoras de energia limita a oferta nas áreas rurais. *Haanyika* (2006) [2], *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7] indicam que numa fase inicial é importante que a electrificação das zonas rurais seja subsidiada e numa fase posterior a atribuição de tarifário. Neste seguimento *Kankam e Boon* (2009) [3] conclui que o sucesso de uma reforma depende dos instrumentos de políticas adoptadas como parte do processo de electrificação. Defendendo o rigor na atribuição de subsídios e a privatização do sector eléctrico. E que este, deve ser regulado por uma entidade independente de forma a garantir equidade no mercado eléctrico e a defesa dos direitos do consumidor.

Atribuição de um tarifário á população pode afastar os consumidores, que não podem pagar preços elevados, uma vez que nas zonas rurais habitam comunidades

maioritariamente com baixos rendimentos. É da competência da entidade reguladora garantir o equilíbrio entre os consumidores e as empresas de electricidade. Além que deve ser gradual a inserção de tarifas no sector de electricidade. Assim numa fase inicial, é primordial a atribuição de subsídios de forma a tornar do sector eléctrico mais atractivo para o investimento privado e cativar um maior número de consumidores. Posteriormente, uma percentagem da receita líquida dos processos de geração, transformação e distribuição de energia eléctrica, deverá ser utilizada para financiar novos projectos na área da energia e permitir a redução gradual do valor dos subsídios e implementar tarifas de consumo eléctrico.

Alguns autores como *Haanyika* (2006) [2] e *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7] enunciam a comercialização, privatização e a regulação independente geralmente leva ao aumento das tarifas com o intuito de aumentar as receitas; mas como resultado, é observado o afastamento dos consumidores que não querem pagar preços elevados. Os mesmos autores alertam que o governo subsidiando o sector eléctrico pode correr o risco da comunidade entender a electrificação como um serviço social e apresentar resistência no pagamento de tarifas no futuro.

A electrificação rural deve estar inserida no desenvolvimento rural e facilitar o desenvolvimento de empresas, infra-estruturas e serviços. A comunidade deve ser englobada no processo de desenvolvimento conjuntamente com o poder político e sector privado, visando a obtenção de melhores resultados. Antes de se iniciar a electrificação de uma zona rural é favorável verificar quais os requisitos energéticos do sector doméstico de forma a se definir o melhor processo de produção. Existem vários estudos neste campo, alguns defendem a produção centralizada, outros a descentralizada ou a integração dos dois processos. Na prática o processo centralizado, é o mais aplicado nos países desenvolvidos, no entanto será este o melhor sistema para as zonas rurais de países em desenvolvimento? Não será a reestruturação do sector eléctrico uma oportunidade para divulgar e aplicar tecnologias mais limpas, nomeadamente tecnologias de energia renovável?

Uma revisão literária revela que alguns aspectos técnico-económicos de desenvolvimento e implementação de sistemas de energia em áreas rurais de países em desenvolvimento são objecto de atenção dos estudiosos

A resposta a duas questões anteriores tem sido objecto de atenção de *Kankam e Boon* (2010) [3], *Thiam* (2010) [4], *Chaurey e Kandpal* (2010) [6], *Pereira, Freitas e Silva* (2010) [7], *Hammond e Kemausuor* (2009) [8] e *Kanase-Patil, Saini e Sharma* (2009) [9] que têm

analisado alguns aspectos técnico-económicos de desenvolvimento e implementação de sistemas de energia. Todavia não existe uma opinião universal sobre o processo que melhor se adequa á electrificação rural. Como é referido pelos autores vários aspectos devem ser considerados na hora de decidir. Entre eles a densidade da população, o factor de carga, a geografia e localização da zona. *Thiam* (2010) [4] conclui que a opção descentralizada recorrendo a tecnologias renováveis é a solução mais competitiva para satisfação da procura energética em áreas rurais com densidade populacional baixa, de difícil acesso e baixo factor de carga. Nas zonas densamente povoadas e distantes dos centros urbanos a construção de micro redes é a opção mais vantajosa. Na prática o sistema de produção á optar é dependente de vários factores, em alguns casos como acontece nos países desenvolvidos os sistemas integrados de energia são a solução para satisfazer a crescente procura e garantir o abastecimento.

O desenvolvimento da linguagem computacional permitiu o desenvolvimento e criação de modelos com grande precisão. Na área da energia, a modelação apresenta-se como uma ferramenta de apoio na análise de aplicação de medidas de electrificação, por permitir comparações técnicas, económicas, financeiras, ambientais e sociais que optimizam os sistemas de produção, distribuição e transmissão de energia. Existe alguns estudos que utilizam a modelação na análise e comparação de sistemas de energia, entre eles encontram-se *Thiam* (2010) [4], *Oda e Tsujita* (2011) [5] e *Chaurey e Kandpal* (2010) [6]. Ferramentas como o Leap – Long Range Alternative Planning System, podem ser utilizadas pelo poder político dos países em desenvolvimento, no apoio de implementação de medidas impulsionadoras de desenvolvimento rural.

Sintetizando, a electrificação rural deverá ser auto-sustentável, não estando eternamente dependente de subsídios. As tarifas de electricidade são um meio de financiamento de desenvolvimento do processo de electrificação rural. Contudo caso sejam muito elevadas tendem a restringir o uso de energia eléctrica entre os consumidores rurais e consequentemente afectam o aumento de recursos financeiros necessários para financiar a electrificação rural, uma vez são obtidos pelas taxas de consumo. É da responsabilidade dos reguladores assegurar a protecção do consumidor através da regulação de preços e aplicação de normas de desempenho. É expectável que as reformas do sector eléctrico aumentem a penetração de energias renováveis no mix energético mundial. A produção descentralizada associada a tecnologia de energia limpa, demonstram ser opção mais vantajosa para as zonas rurais pouco povoadas, geograficamente de difícil acesso e distantes dos centros populacionais. Neste âmbito, a modelação energética demonstra ser uma ferramenta valiosa no apoio a decisão, ao

permitir á análise do consumo de energia em função de variáveis como tempo, crescimento populacional e a oferta de energia que melhor supprime a procura.

A electrificação rural é um processo moroso, por requer elevados investimentos e o tempo de retoma não é imediato. Compete aos governos incentivar o sector privado a investir nas zonas rurais, e á comunidade internacional exercer pressão sobre os decisores para a problemática da electrificação rural. O desenvolvimento sustentável só será possível, quando não se registarem discrepâncias tão acentuadas entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. Actualmente a sociedade e o poder político dos países desenvolvidos têm percebido que para continuarem a crescer é preciso que os mais desfavorecidos cresçam conjuntamente. Neste sentido os países desenvolvidos têm desenvolvido tecnologia que é adquirida pelos países em desenvolvimento; sendo expectável um ciclo dinâmico de desenvolvimento.

A resposta, as perguntas formuladas anteriormente é complexa. A revisão literária consultada é consensual, a reestruturação do sector eléctrico é uma oportunidade única para a implementação de tecnologias de energia renovável, e desta forma reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Este é o caminho apontado para obtenção de um desenvolvimento sustentável, que garanta a segurança de abastecimento aos países desenvolvidos e que permita aos países em desenvolvimento reduzir a taxa de pobreza da população. É neste sentido que, a elaboração deste trabalho é direccionada, pretendendo verificar qual o sistema de produção de energia que melhor se enquadra no quadro energético de um país em desenvolvimento. No entanto algumas questões ficam por analisar e que a literatura também não aprofunda, entre elas, a real influência da densidade da população na implementação do processo de produção e qual o melhor sistema de financiamento para a electrificação rural.

1.3 OBJECTIVO E CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A electrificação rural introduz mudanças significativas na qualidade de vida dos beneficiários, ao permitir o desenvolvimento socioeconómico da zona e consequentemente o desenvolvimento humano sustentável, elevando a esperança média de vida e diminuindo a taxa de mortalidade infantil.

A elaboração desta dissertação pretende contribuir para a tomada de decisões na implementação de sistemas de produção de energia eléctrica nas zonas rurais nos países em desenvolvimento.

O âmbito deste trabalho é a análise e comparação de sistemas de geração de energia, atendendo a evolução do tempo. Com o objectivo de identificar o sistema que melhor suprime a procura de energia eléctrica nas zonas rurais dos países em desenvolvimento, com base na sustentabilidade.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho apresentado é composto por cinco capítulos e apresentando no final de cada capítulo um resumo. O primeiro capítulo introduz a base e o âmbito de desenvolvimento do trabalho e o estado da arte.

O capítulo 2 abrange fundamentos teóricos que sustentam o objectivo de trabalho. Dando ênfase a conceitos, processos de produção de energia, políticas e tecnologias energéticas. Relacionando de forma abrangente as varias áreas de análise, e projectando-as na amplitude da electrificação rural de países em desenvolvimento

A descrição do caso de estudo do trabalho é feita no capítulo 3. Apresentando-se a área de actuação a nível global, os requisitos energéticos e a disponibilidade de recursos.

No capítulo 4 é definido o cenário de análise e aplicado as ferramentas que permitem caracterizar os consumos e a sua evolução no tempo. Neste capítulo é também apresentado os cenários criados e a sua análise.

As conclusões do trabalho são apresentadas no capítulo 5, sendo também identificados futuros objectos de estudo.

2 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

A satisfação das necessidades energéticas do mundo assenta, 90% em fontes de origem fóssil (como o carvão, o gás natural e o petróleo). As actividades humanas emitem gases com efeito de estufa, que contribuem para o aumento do aquecimento global principalmente, como resultado da queima de combustíveis fósseis. Consequentemente a geopolítica mundial está a mudar [10, 12].

A crescente procura de energia pelos países em desenvolvimento está a criar desconforto aos países desenvolvidos, que encontram-se energeticamente dependentes dos combustíveis fósseis. Este indício é mais preocupante, na medida que a energia primária utilizada na produção de electricidade nos países em desenvolvimento é maioritariamente, de origem fóssil. Assim o crescimento destes, é perspectivado como

ameaça, que pode comprometer o armazenamento e aprovisionamento energético dos países desenvolvidos [14].

Como estratégia, os países desenvolvidos têm incentivado a investigação e desenvolvimento de tecnologias de energia mais limpa. Esta medida prevê a electrificação da população mundial no intuito de alcançar o desenvolvimento sustentável. Tecnologias com recurso a energia solar ou eólica são a chave para a electrificação da população que vive em áreas rurais, normalmente, remotas, isoladas e de baixa densidade populacional. Com uma procura de energia normalmente muito baixa e sem acesso à rede eléctrica [2].

2.1 POLÍTICA ENERGÉTICA

A tendência global dos países desenvolvidos é aumentar as importações de energia primária de origem fóssil, de forma a satisfazer o consumo. Estando dependentes energeticamente dos países com energia fóssil. Na sua maioria os países com recursos energéticos de origem fóssil estão em fase de desenvolvimento. Actualmente é no continente africano que predomina a maioria dos países com energia fóssil [14].

Entende-se por taxa de dependência energética, o quociente entre o valor líquido das importações energéticas e o consumo bruto de energia. Um país será tanto mais dependente energeticamente quanto maior for as suas importações para satisfazer os mesmos consumos [15].

Ao longo do tempo, os políticos têm desenvolvido políticas energéticas no horizonte da obtenção do equilíbrio e sustentabilidade. Na Figura 2.1 verifica-se a evolução das políticas energéticas de desenvolvimento ao longo das décadas até actualidade.

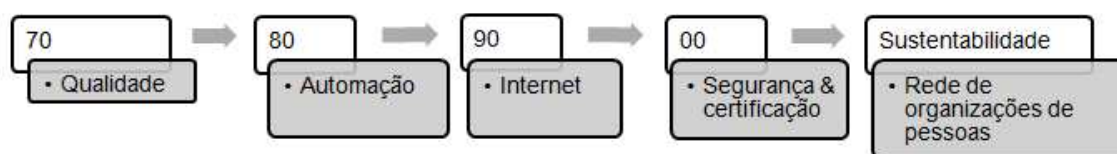


Figura 2.1: Evolução das políticas de desenvolvimento visando a sustentabilidade [16]

Na década de 70 o choque do petróleo fomentou políticas energéticas que assegurassem energia suficiente para o crescimento económico e que garantissem a segurança energética. Dando-se início a políticas de redução de dependência do petróleo importado e a economia de energia. Do ponto de vista do consumidor a qualidade era o factor determinante na aquisição de um produto [16, 17].

Nos anos 80, a automação dos processos industriais permitiu o aumento da produção, ocorrendo maior consumo de energia. As políticas de energia com vista a eficiência dos processos produtivos continuaram no plano de crescimento dos países. É nesta década que evidencia-se os primeiros sinais visíveis da poluição transfronteiriça, com o aparecimento de chuvas ácidas em zonas não industrializadas [2,16, 17].

Entre a década de 80 e 90, as prioridades da política energética alteram-se. Com alguns países desenvolvidos a integrarem políticas energéticas e programas globais de energia visando o desenvolvimento sustentável [16]. Do ponto de vista do consumidor surge a internet como ferramenta de informação, divertimento e comunicação. Aparecendo mais um ponto de consumo energético individualizado, que a escala global evidenciou um aumento significativo na procura de energia e maior exigência no abastecimento energético.

Na década de 90, a necessidade de uma política de desenvolvimento sustentável em termos globais, promoveu a elaboração de acordos a nível social, ambiental e económico. A nível ambiental, a poluição atmosférica foi contextualizada como um problema que afecta toda a Humanidade. Sendo catalogada em quatro escalas : escala global, escala regional/transfronteiriça, mesoscala e escala local. A escala global engloba a depleção da camada de ozono e o incremento do efeito estufa. E na escala local tem-se os “hot-spots” em áreas urbanas e industrializadas [18].

O século XXI é marcado pela instabilidade energética dos países desenvolvidos. Aparecem as primeiras políticas que exigem a certificação dos produtos e serviços com o objectivo de aumentar a eficiência energética e assegurar a segurança de abastecimento [16].

Actualmente as políticas energéticas abrangem preocupações ambientais, evolução tecnológica, concorrência e reestruturação do mercado, melhorias de eficiência e uso de energias renováveis. O consumidor é mais informado e organizado, promovendo a competição na oferta de serviços.

2.1.1 PARCERIA ENERGÉTICA ENTRE A EUROPA E ÁFRICA

As necessidades energéticas dos países desenvolvidos na sua maioria eram colmatadas com os recursos energéticos do Médio Oriente. Mas a instabilidade e a competição por recursos energéticos de países emergentes, tais como China e Índia, tornaram as reservas energéticas africanas recursos fundamentais [14].

A cooperação no domínio da segurança é importante tanto no lado da procura como no da oferta. Pois a vulnerabilidade dos campos energéticos e das plataformas de exploração representam um duplo risco. Do lado dos consumidores é necessário um fluxo regular para evitar flutuações excessivas nos preços de energia. No dos produtores é essencial estabilidade económica e social [19].

A energia é um tema transversal nas políticas de desenvolvimento da União Europeia (UE). Neste contexto a UE desenvolveu uma parceria com o continente africano, reforçada na conferência “Energia para África”, realizada em Nairóbi em 2003 no âmbito da Energia para Erradicação da pobreza e o Desenvolvimento Sustentável. A parceria tem como domínio de actuação, infra-estruturas de água, e energia e redes de telecomunicações. Incentivando o investimento nas interligações transfronteiriças, na expansão da rede e geração de energia nas áreas rurais. Desta forma permitir o acesso a serviços energéticos sustentáveis e a preço acessível [20].

O desenvolvimento sustentável é central nesta parceria energética. A prioridade é obter um abastecimento energético sustentável e respeitando o ambiente. É expectável que as receitas da exportação do petróleo e do gás natural revertam em benefício dos cidadãos de África. Conjugando objectivos energéticos com os de desenvolvimento Humano.

A Europa presta apoio ao continente Africano para este solucionar em regime de auto-responsabilidade, problemas urgentes e desafios de futuro. Porque a segurança em África é também a segurança europeia [20].

2.1.2 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO

Em 2000, a parceria e interligações relacionais dos países permitiram a elaboração conjunta dos objectivos do milénio. Ficando acordados oito objectivos, dos quais erradicar a pobreza, melhorar o acesso a saúde, promover a paz, garantir os direitos humanos e a sustentabilidade ambiental [5].

2.1.2.1 ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

O índice de desenvolvimento humano (IDH) criado pelas nações unidas contém informação sobre a esperança média de vida á nascença, educação e produto interno bruto, do país em análise. Como ilustra a Figura 2.2, o IDH é uma média geométrica com três índices de dimensão, segundo o relatório de desenvolvimento de 2010 [13]. Assim o fraco desempenho em qualquer dimensão é directamente reflectido no IDH. A saúde, educação e rendimento, têm igual importância no desenvolvimento dos países mas depreende índices de desenvolvimento diferentes, na maioria dos casos. Como acontece

com qualquer medida agregada e de comparação internacional, o IDH simplifica e apreende apenas parte do que desenvolvimento humano implica.

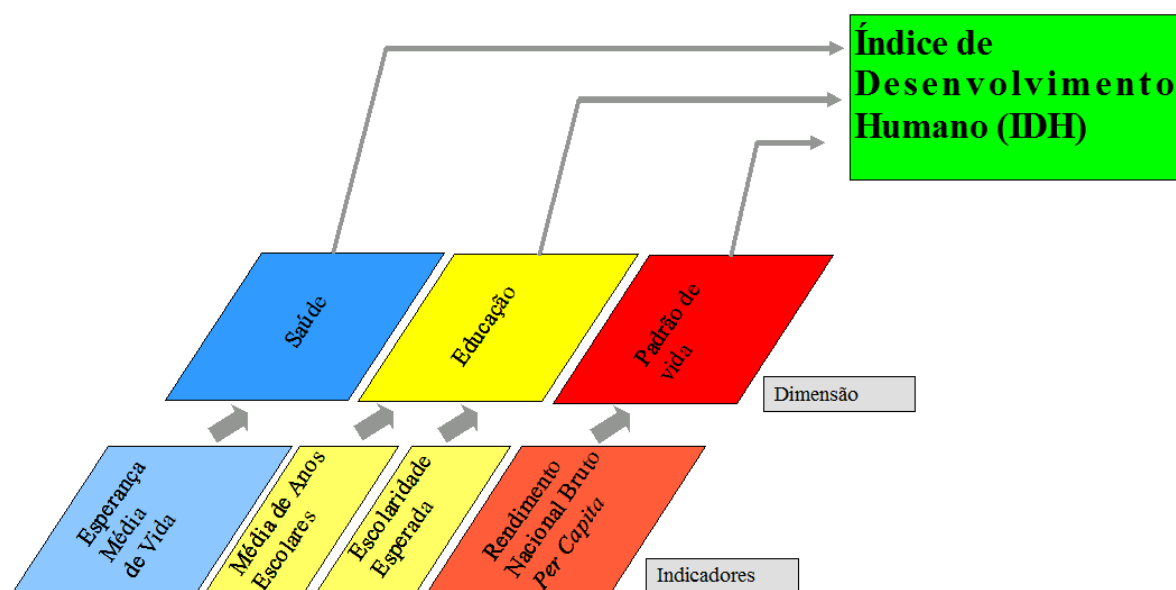


Figura 2.2: Esquematização dos parâmetros de análise do IDH [13].

O IDH é um elemento estratégico para uma nova abordagem de desenvolvimento. Simboliza a mudança de pensamento, mesmo continuando a considerar a riqueza financeira como factor de desenvolvimento. Como medida composta, avalia os níveis de progresso através do conceito de desenvolvimento sustentável [13].

A Tabela 2.1 apresenta a classificação dos países segundo relatório de desenvolvimento de 2010 [13]. Evidenciando-se diferenças entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, tendo estes valores abaixo da média mundial.

Tabela 2.1: Classificação dos países através do IDH e componentes [13].

Classificação dos Países através do IDH	IDH	Esperança média de vida ao nascer [anos]	Média de anos escolares [anos]	Escolaridade esperada [anos]	Rendimento Nacional Bruto <i>Per capita</i>	IDH sem considerar o rendimento
Muito Elevado	0,878	80,3	11,3	15,9	37.225	0,902
Alto	0,717	72,6	8,3	13,8	12.286	0,749
Médio	0,592	69,3	6,3	11,0	5.134	0,634
Baixo	0,393	56,0	4,1	8,2	1.490	0,445
Não Desenvolvidos	0,386	57,7	3,7	8,0	1.393	0,441
Média do Mundo	0,624	69,3	7,4	12,3	10.631	0,663

O conceito de desenvolvimento humano é graficamente ilustrado na figura 2.3. Este evidencia três componentes, que relaciona, oportunidades para população, liberdades de processo (forma como a vida das pessoas é condicionada e afectada) e o princípio fundamental de justiça; e a forma como o processo e resultado é exequível a nível de pessoas, tempo e espaço. Estes componentes são enquadrados num ambiente compartilhado. A liberdade está interligada em todos os componentes, e a sua expansão deve ser alcançada dentro dos limites estabelecidos pela partilha dos recursos limitados do planeta terra [13].



Figura 2.3: O conceito de desenvolvimento humano para um planeta partilhado [13].

2.1.2.2 INTENSIDADE ENERGÉTICA

Mediante a região do mundo, o nível de intensidade energética é variável. A intensidade energética representa a quantidade de energia, em toneladas equivalente de petróleo, necessária para produzir uma unidade de riqueza num determinado território [21].

A figura 2.4 evidencia a tendência de decréscimo da intensidade energética de energia primária, resultante das alterações estruturais aplicadas nas diferentes regiões. Realce-se os programas de conservação de energia e as políticas que visam, a diminuição das emissões de poluentes atmosféricos em especial do dióxido de carbono (CO_2).

Era expectável que a entrada em vigor do protocolo de Quioto em 2005, contribui-se para a redução dos valores de intensidade energética. No entanto, a distinção entre os países

desenvolvidos e em desenvolvimento pode estar a comprometer os objectivos do protocolo. Os países desenvolvidos podem usar instrumentos de mercado, para não ultrapassar os limites de emissão estabelecidos, que compreendem os mecanismos de comércio de emissões, de desenvolvimento limpo e de implementação conjunta. Por outro lado, os países em desenvolvimento têm margem de crescimento, e ao investirem em tecnologias mais limpas ficam com um acréscimo de emissões de gases de efeito de estufa. Podendo vender a sua cota de emissão aos países desenvolvidos [18, 22].

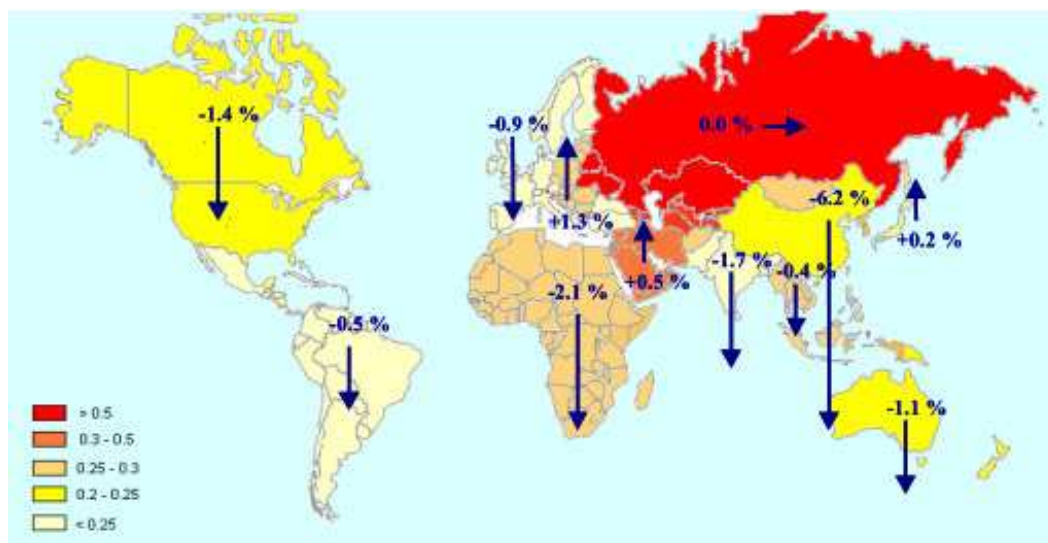


Figura 2.4: Intensidade energética primária por região do mundo em 2002 (as setas mostram a variação entre 1990 e 2002) [10].

A alteração nas taxas percentuais do PIB de cada região influencia directamente o valor médio mundial de intensidade energética. O aumento do crescimento económico em regiões com baixa intensidade energética resulta na diminuição das taxas mundiais de intensidade energética. Assim o ritmo de desenvolvimento económico entre as diversas regiões incrementou em 25% a redução ocorrida na intensidade energética mundial entre 1990 e 2002, como é evidenciado na figura 2.5 [10].

Em termos mundiais, a intensidade energética final demonstra uma tendência de diminuição maior que a intensidade da energia primária (1,9% comparando com a taxa de 1,5% ao ano). Resultado de maiores perdas na conservação de energia devido essencialmente a dois factores, a penetração de energias renováveis no mix de geração de energia eléctrica e aumento do consumo final desta forma de energia. Entre 1980 e 2004, o consumo de electricidade mundial cresceu 3% [10].

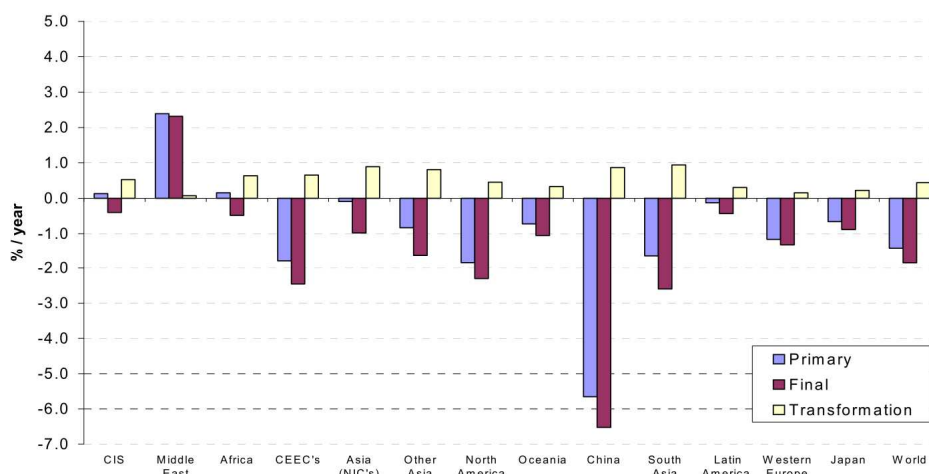


Figura 2.5: Variações nas intensidades energéticas primárias e finais (1990-2002) [10].

As mudanças na estrutura do PIB amplificam as variações das intensidades energéticas. Numa análise através do sector de actividade, é verificado que o sector da indústria requer sete vezes mais energia que o sector de serviços para produzir a mesma unidade de produto. O impacto de mudanças estruturais e implementação de políticas de energia é especialmente importante nas regiões onde o crescimento económico acontece de forma rápida [10].

Na África, por exemplo, as mudanças estruturais explicam cerca de dois terços da diminuição da intensidade energética final entre 1990 e 2002. No Médio Oriente, o sector terciário teve um papel significativo na diminuição do impacto do desenvolvimento na intensidade energética. Nos países da OCDE, as mudanças estruturais tiveram impacto limitado nesse período, uma vez que grande parte delas ocorreu na década de 80 [10].

A maior percentagem de crescimento nos próximos anos ocorrerá nos países em desenvolvimento. Não invalidando os países desenvolvidos preocuparem-se com a procura de energia primária. Verificando-se um crescimento na utilização de tecnologias de energia renovável, de forma a garantir o abastecimento energético da população, essencialmente nos países desenvolvidos.

2.1.3 DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA

Um país é tanto mais dependente energeticamente quanto maior as suas importações para satisfazer os mesmos consumos. Compreendendo-se por taxa de dependência energética a razão entre o valor líquido das importações energéticas sobre o consumo bruto de energia. Este coeficiente demonstra que quanto mais rentável o uso dessa energia, isto é, menores consumos, menor será a dependência energética [20].

A disponibilidade energética local é variável de um país para outro. A maioria dos países desenvolvidos importa energia de países em desenvolvimento. Perante a preocupação da dependência externa é imprescindível o desenvolvimento de energias renováveis, o aumento da produção endógena e, o mais importante, a utilização de energia de forma eficiente [21].

Por razões que se prendem principalmente com a geologia e o tempo de formação das fontes energéticas de origem fóssil, a quantidade de petróleo disponível, numa base diária ou anual esta a diminuir [21]. Assim instabilidade provável do preço do petróleo e do gás natural, e o seu consequente aumento, acompanhará o crescimento populacional e o desenvolvimento económico das sociedades. Como consequência da dependência energética, o mundo tal como hoje se conhece enfrentará graves crises nos diversos sectores de consumo. Sendo necessário um processo de adaptação de novos hábitos de consumo, no entanto, é presumível que seja um processo lento.

Actualmente é verificado uma alteração no comércio de energia, existem mais formas de energia disponíveis para consumo. Com a inovação tecnológica a incrementar a diminuição da dependência energética dos países mais desenvolvidos face aos em desenvolvimento.

A exigência energética global está a aumentar. A produção de energia deverá duplicar nos próximos anos, para satisfazer as necessidades de crescimento diligente de países sobrepovoados e em processos de desenvolvimento (China, Índia, Brasil, Angola entre outros). A produção de energia terá de ser variável, recorrendo a sistemas mais tradicionais (centrais térmicas a diesel, carvão entre outros) e a tecnologias alternativas quando possível (sistemas fotovoltaicos, eólicos entre outros). Todavia o carvão continuará, para muitos países, uma fonte energética abundante e barata [20]. Permanecendo a dúvida, se as fontes energéticas do planeta serão suficientes para suplantarem as necessidades do crescimento da população mundial [16].

2.1.3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As matérias-primas de origem fóssil são recursos naturais não renováveis, por apresentarem uma taxa de formação muito lenta em relação à escala temporal do homem. Cada vez mais, as exigências de consumo de energia a nível mundial são maiores. O ritmo de exploração dos recursos energéticos face às reservas existentes e o compromisso assumido no protocolo de Quioto, impuseram alterações às políticas de consumo de energia. Neste âmbito surge o conceito de eficiência energética [21].

A eficiência energética é a medida mais adoptada no combate a dependência energética dos países desenvolvidos e na redução de emissão de poluentes atmosféricos. A implementação e aumento de energias renováveis no mercado, por si só, não solucionam os problemas da procura. É preciso evitar desperdícios e aumentar a oferta de energia. Neste sentido a eficiência energética de um processo, contribui para a sustentabilidade do mesmo [10].

A eficiência energética pode ser obtida de diversas formas, uma é a incorporação de tecnologias melhoradas nos sistemas de produção. Os sistemas integrados podem ser mais vantajosos, como o caso do calor em cascata, em que a saída de calor de um processo é usado como entrada para outro processo (com necessidade de calor com temperatura mais baixa que o primeiro processo), obtendo-se poupanças energéticas significativas. Esta abordagem, na prática, significa que a co-localização dos diferentes processos industriais, projectos e dimensionamento de equipamentos permite novos tipos de integração entre os processos industriais, e um controle mais preciso das transferências de líquidos e fluidos entre os diferentes processos industriais [21, 23].

A abertura do mercado energético juntamente com o aumento da eficiência dos processos permite a flexibilização energética. Com os clientes comerciais ou industriais a poderem injectar ou retirar energia da rede, maximizando os benefícios [2]. A flexibilidade energética geralmente proporciona maiores ganhos de eficiência, resultado de economias de escala e de maior controlo dos processos [16].

As melhorias significativas da eficiência energética na utilização final de energia nos sectores de procura e desenvolvimento tecnológico prevêm, a diminuição das limitações entre a procura de energia e os sectores de abastecimento. Novas estruturas de mercado competitivo são capazes, de fornecer soluções de energia que procuram o óptimo global, e tanto os benefícios do lado da procura como da oferta são maximizados [21].

2.1.3.2 SISTEMA DE ENERGIA

Num sistema de energia os recursos de energia são usados para produzir um efeito útil. Um sistema de energia compreende a transformação da energia primária em energia mecânica, térmica, de iluminação e eléctrica, como esquematizado na figura 2.6 [2].

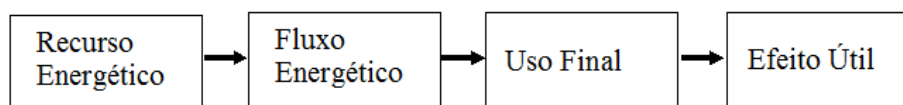


Figura 2.6: Representação simples de um sistema teórico de energia [2].

Um sistema de energia é capacitivo de extrair energia de um recurso energético de origem fóssil ou renovável e obter um fluxo de energia contínuo, entregando-o com as características necessárias para uso final. Garantindo o fornecimento energético para o efeito útil desejado [2].

Na realidade um sistema de energia é constituído por um conjunto de recursos energéticos primários de diferentes origens, processos e tecnologias de conversão, armazenamento, transporte, usos finais de energia, produção de resíduos e interações com o meio ambiente em todas as fases, como ilustra a figura 2.7 [2].

A transformação de um recurso energético em energia final é um processo com diversas necessidades. O recurso energético geralmente encontra-se distante do local da procura. Existindo maior necessidade de transporte e armazenamento energético. Consequentemente aumenta a carga ambiental do sistema de energia, desde do processo de geração até a utilização final de energia.

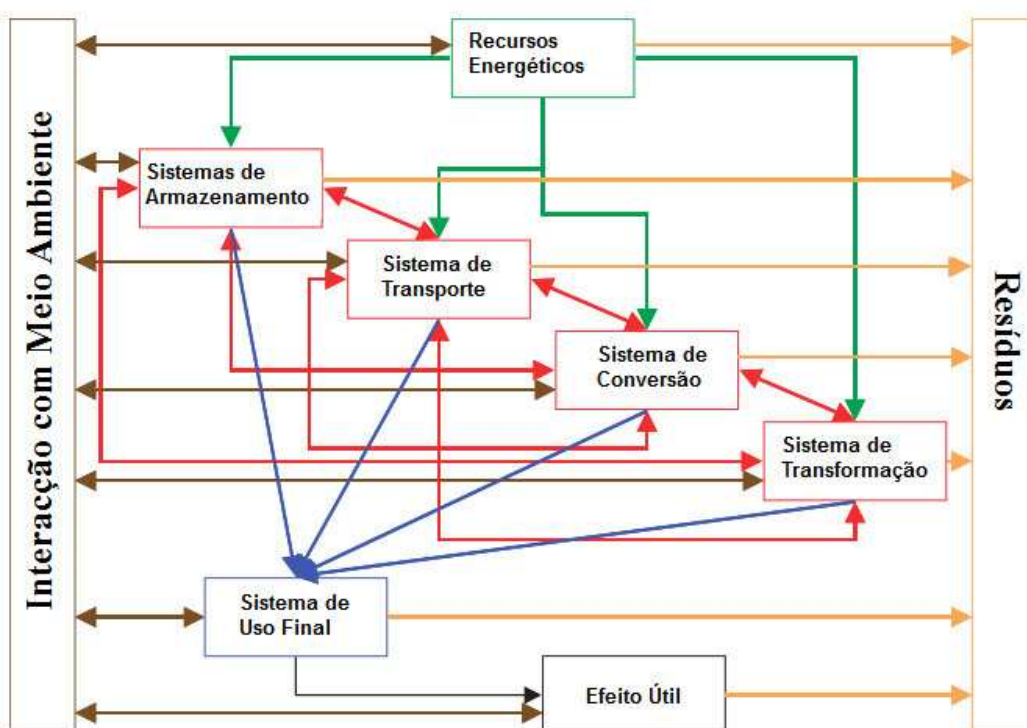


Figura 2.7: Representação completa de um sistema de energia real [2].

2.1.4 MIX ENERGÉTICO

Existe um desequilíbrio na distribuição de energia primária total entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. A figura 2.8 evidencia que 87% da energia primária é consumida pelos países desenvolvidos [24].

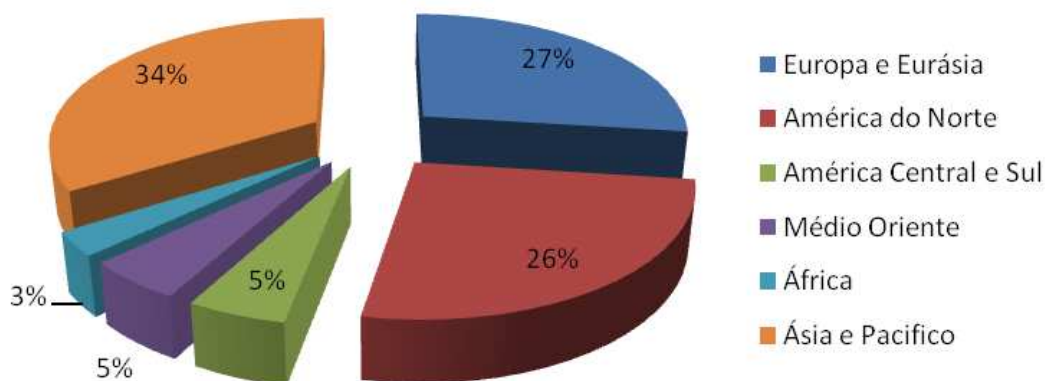


Figura 2.8: Distribuição do consumo de energia primária no mundo em 2007 [24].

O consumo de energia primária para geração de energia eléctrica continua a incidir nos combustíveis fósseis, como é ilustrado pela figura 2.9, é verificado também um aumento da penetração das energias renováveis no mix energético.

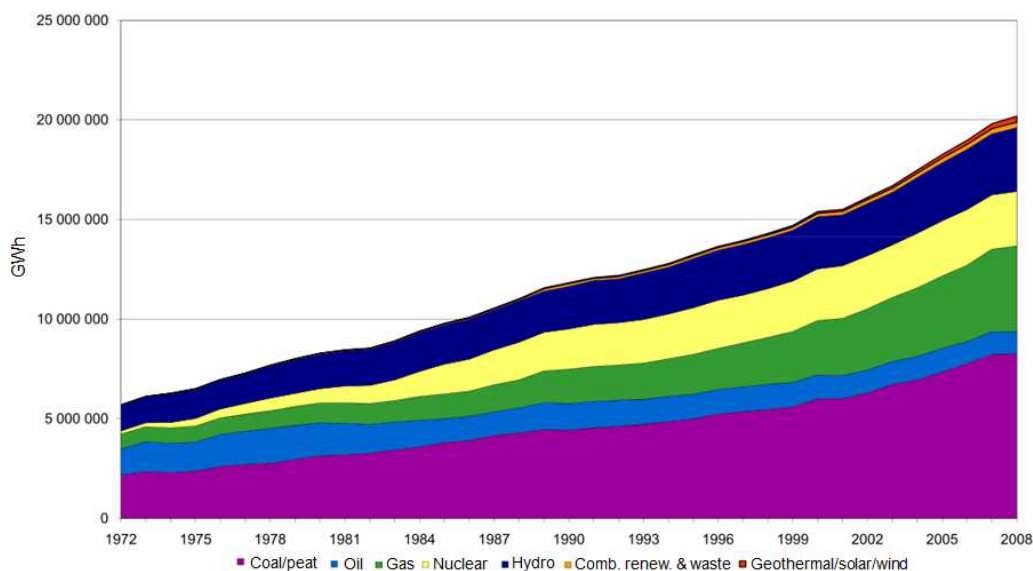


Figura 2.9: Geração de energia eléctrica no mundo por energias primárias [12].

As energias renováveis permitem a longo prazo a mitigação das alterações climáticas e o esgotamento dos combustíveis fósseis, e a curto prazo contribuem para o desenvolvimento rural por aumentarem a competitividade económica internacional e diminuírem a poluição atmosférica local.

Em 2007, o consumo *per capita* de electricidade na Índia foi de 543 kWh. Este consumo foi baixo comparativamente com os padrões internacionais. Tendo-se um consumo médio nos países da OCDE de 8477 kWh, nos países asiáticos (excluindo a China) de 705 kWh e os países africanos a terem em média 578 kWh. Verificando-se que a Índia o quinto maior produtor de electricidade, apresenta graves problemas de fornecimento e acesso a electricidade [12].

Actualmente a região com menor taxa de electrificação é a África subsaariana (SSA), com cerca de 30% da população a ter acesso a electricidade. E com 90% da população dependente de combustíveis tradicionais (essencialmente recorrem a lenha, resíduos animais, resíduos florestais entre outros), para coacção e para fins de aquecimento [8].

2.1.5 PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ELECTRICIDADE

Os processos de geração de energia eléctrica podem ser de origem renovável ou não renovável. Compreende-se por, energia não renovável toda a energia em que as matérias-primas têm uma taxa de formação muito lenta comparativamente a escala de tempo do Homem. Já as energias renováveis regeneram-se de forma cíclica e numa escala de tempo reduzida, podem provir directamente do sol (solar térmico, solar fotovoltaico e solar passivo), indirectamente do sol (eólica, hídrica e energia da biomassa) e de outros mecanismos naturais (geotérmica e energia das ondas e mares) [21].

A energia eléctrica possui duas características que a tornam um produto único. A primeira é ausência de opções comerciais de energia viáveis em larga escala, a baixo custo de armazenamento e que garantam a relação de equilíbrio produção/consumo instantâneo. A segunda é o elevado custo de controlo dos fluxos de energia através de linhas individuais (os fluxos de energia são assegurados por geradores locais) e as impedâncias das linhas de interconexão [23].

O sistema de produção de energia pode ser centralizado ou descentralizado, como ilustra a figura 2.10. Na maioria dos países desenvolvidos a energia eléctrica, até ao momento, é obtida pela produção centralizada. Verificando-se uma tendência crescente para a produção descentralizada devido, essencialmente, a penetração de energias renováveis no mix energético. A produção de energia por tecnologias que recorrem a recursos renováveis é independente das variações dos preços dos combustíveis fósseis. Assim a quantidade produzida e o desempenho do sistema não é influenciado por factores económicos [23].

A reestrutura do sector eléctrico engloba a transferência dos sistemas de produção para produção descentralizada, obtendo maior controlo de consumo da energia primária. Esta transferência torna os fornecedores independentes de energia a rede mais eficazes e eficientes. Desta forma a volatilidade do mercado é controlada [23]. Tanto nos sistemas descentralizados como nos centralizados a geração de electricidade pode provir de geradores a diesel, energia solar, hidroeléctrica em pequena escala, de turbinas eólicas ou de tecnologias de gaseificação da biomassa.

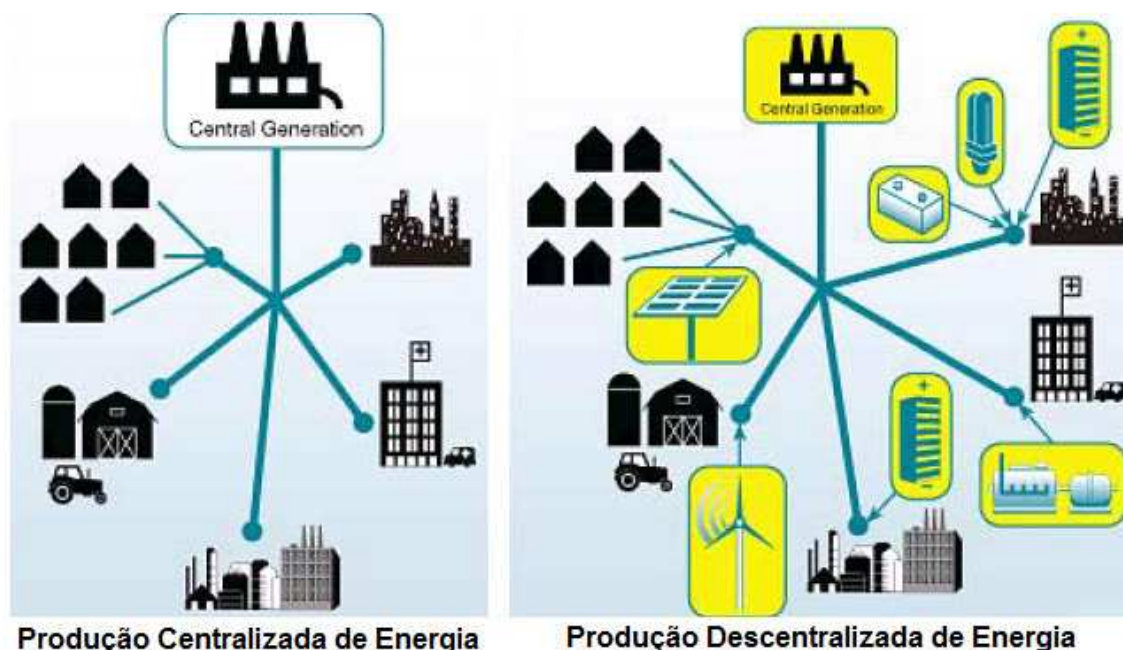


Figura 2.10: Ilustração de dois tipos de produção de electricidade [23].

A produção descentralizada consiste em pequenos sistemas de gestão ou armazenamento de recursos energéticos localizados próximo do ponto de utilização. Algumas vantagens destes sistemas face a produção centralizada são [23]:

- Maior potencial de redução de perdas na transmissão e distribuição de energia;
- Maior flexibilidade de combustível;
- Menor poluição atmosférica local;
- Melhor qualidade de energia;
- Maior controlo do consumidor final.

Estas vantagens a médio e longo prazo favorecerão a produção descentralizada de energia face a produção centralizada. A geração de energia localizada perto das cargas permite a redução dos custos de transporte e distribuição pelo/a [23]:

- Adiamento de actualizações de subestações e outros meios de transmissão e distribuição;
- Fornecimento de recursos de energia renovável;
- Reservas de fiação e suporte de tensão;
- Redução da potência das perdas reactivas.

A produção descentralizada evidencia ser, particularmente, vantajosa nos países em desenvolvimento. Por apresentar custos de investimento em infra-estrutura e requisitos de linha de transmissão menores, e por ser mais sensível à crescente procura. O facto de utilizar os recursos distribuídos localmente, reduz o transporte de matérias-primas e de produtos acabados, consequentemente reduz a carga ambiental do sistema [23].

A produção de energia descentralizada poderá satisfazer a crescente procura de serviços de energia ultra confiável (sem oscilações) nos países desenvolvidos, resultante do aumento da densidade de potência de micro processadores e routers, tal como os requisitos para dissipação de calor associada a estes equipamentos, através dos sistemas integrados de energia [23].

Novas formas de produção de energia surgem com o desenvolvimento de tecnologias de produção mais limpa. Na maioria das vezes é através da transmissão e distribuição que a electricidade produzida por fontes renováveis é disponibilizada ao consumidor. O sucesso comercial da produção por tecnologias mais limpas depende do preço da transmissão e distribuição de electricidade. Este facto é preocupante quando projectado em grande escala. Se as fontes renováveis (energia geotérmica e eólica) encontrarem-se distantes dos centros de carga, os investimentos na capacidade de transporte tornam a produção descentralizada pouco atractiva financeiramente. Mas por outro lado, e como referido anteriormente a crescente procura de energia de qualidade e de confidencialidade contribuem para a crescente oferta de energia proveniente de fontes renováveis [23].

Actualmente as tecnologias energéticas reversíveis de armazenamento incluem, ar comprimido e baterias químicas de alimentação ininterrupta de pequeno porte. As tecnologias de armazenamento em desenvolvimento incluem processos mecânicos (volantes, pneumático), electroquímicos (baterias avançadas, células de combustível reversível, de hidrogénio), e eléctricos (supercondutores magnéticos). O maior obstáculo as tecnologias de armazenamento é os custos elevados para o consumidor [23].

O armazenamento eléctrico pelos reguladores em horários fora de pico permite, as plantas de energia funcionem próximo do pico de eficiência. A energia armazenada é

utilizada durante os horários de pico de procura. A utilização de uma bateria de pico diminui as necessidades até ao pico de carga, tendo unidades de maior eficiência durante a baixa procura. A longo prazo e como a procura crescente de fontes renováveis os picos de carga serão colmatados, aumentando a qualidade de energia através do melhoramento do sistema de transmissão [23].

É previsível que a informação digital seja transformada e transportada com maior rapidez por equipamentos eléctricos sensíveis. A procura de electricidade continuara a crescer e cada vez mais o consumidor irá solicitar uma energia livre de oscilações.

2.1.6 ELECTRIFICAÇÃO RURAL

Nas zonas rurais a distribuição de energia eléctrica é geralmente efectuada por linhas aéreas longas e sensíveis às condições meteorológicas adversas, que diminuem a qualidade de fornecimento ao consumidor. As longas distâncias envolvidas na ligação a novos consumidores tornam o custo por unidade de instalação nas zonas rurais geralmente mais elevada que nas áreas urbanas [8].

Os sistemas de abastecimento rural de electricidade exigem frequentemente subsídios governamentais, para facilitar novas ligações ou níveis de consumo. Assim com a finalidade de benefícios económicos, ambientais e sociais a electrificação rural (ER) deve ser integrada no plano desenvolvimento rural [8].

Os programas de electrificação rural têm enfrentado grandes obstáculos incluindo [8]:

- Factores físicos que incrementam os custos fixos de transmissão e distribuição na extensão da rede para população rural remota;
- População de baixa densidade significa custos fixos mais elevados, devido a menor taxa de partilha de despesas.

Várias medidas têm sido tomadas para tornar a electricidade a preço acessível e de acesso aos mais pobres, salientando-se o uso de subsídios e a descentralização de sistemas geradores [8].

Existem diferentes tipos de fontes de energia disponíveis para a electrificação das áreas rurais. A variabilidade de saída dos recursos poderia ser parcialmente superada através da instalação de grandes centrais individuais de energia renovável, ou pela adição de instalações de armazenamento de energia e de reconversão, ou pelo desenvolvimento de sistemas integrados de energia renovável (IRES). As duas últimas opções têm sido

adoptados em todo o mundo como as melhores opções para impulsionar a electrificação de modo descentralizado nas zonas rurais remotas [8].

Acesso à energia mecânica, principalmente na forma de plataforma multifuncional emergiu, ao longo da última década, na prestação de serviços modernos de energia nas áreas rurais. Em alguns casos a energia mecânica produz energia eléctrica que é usada para bombear água ou a alimentação local de uma micro-rede [8].

As micro-redes, geralmente surgem através de *Energy Service Company* (ESCO), e fornecem electricidade em corrente alternada, para diferentes pontos de carga através de uma rede de distribuição de baixa tensão em que os consumidores pagam a electricidade que consomem. A electricidade é gerada por pequenos produtores locais através da queima de combustíveis fósseis (diesel) ou por tecnologias de energias renováveis (fotovoltaica, eólica, pequenas centrais hidroeléctricas, biomassa, etc.) que normalmente têm o seu próprio armazenamento sob a forma de baterias [8].

Os sistemas solares fotovoltaicos e os eólicos são normalmente utilizados para prestação de serviços básicos de electrificação nas famílias rurais que não estão conectadas à rede eléctrica, por terem a sua própria rede de distribuição (micro / mini redes) [8].

Uma comparação técnico-económica do sistema fotovoltaico com o sistema eólico no fornecimento de electricidade para aplicações domésticas numa zona rural com boas condições de implementação dos sistemas em estudo realizada por *Chaurey e Kandpal*. Demonstra que o sistema eólico é a opção financeira mais atraente para o consumidor ou empresa de serviços energéticos, no caso de zonas densamente povoada e com geografia do terreno plana. Na falta destes requisitos o sistema fotovoltaico é a opção mais vantajosa [6].

Segundo Bhagavan (1999), as reformas de Electrificação Rural (RE) nos países da África sub-Saariana devem incluir a transferência de responsabilidades do sector político para o privado e o sector eléctrico não deve tratar questões de equidade social, através de subsídios pois isso leva a restrições de orçamento económico para RE. Bhagavan (1999) observou que os papéis aparentemente contraditórios de rentabilidade e prestação de serviços sociais essenciais (como RE) trazidos pela privatização e comercialização das empresas eléctricas governamentais tem sido amplamente reconhecidas e os recentes reformadores têm se esforçado para prever medidas específicas no âmbito do processo de reforma. As medidas incluíram a adopção de estatutos de desenvolvimento dos quadros institucionais para garantir a expansão contínua dos serviços eléctricos às áreas rurais e a protecção dos consumidores de baixo orçamento. Muitas vezes, isso implicou a

formação de autoridades autónomas RE, que assumiram as responsabilidades para os aspectos sociais da privatização de serviços públicos ou da comercialização das propriedades [8].

2.1.6.1 REFORMAS DO SECTOR ELÉCTRICO

A reforma no sector eléctrico iniciou-se no Chile no final de 1970 e equiparava a electricidade a uma mercadoria, pela teoria de mercado. Actualmente as reformas da electricidade têm uma visão a médio e longo prazo, compreendendo a electricidade como um serviço integrado [2].

O poder político (governo) de cada país, principalmente em desenvolvimento, deve incentivar a expansão e acessibilidade da população rural a electricidade. Pelo desenvolvimento de políticas e reformas que liberalizem o mercado de energia. A figura 2.11 evidencia as relações institucionais provedoras de desenvolvimento eléctrico das zonas rurais.

A regulação da electrificação rural deve permitir acesso igual às empresas públicas e privadas, e assim contribuir para a expansão e qualidade de serviço. A independência da entidade reguladora é cordial num ambiente onde as empresas públicas e privadas têm de coexistir. Compete ao poder político a responsabilidade de garantir a igualdade de acesso [2].

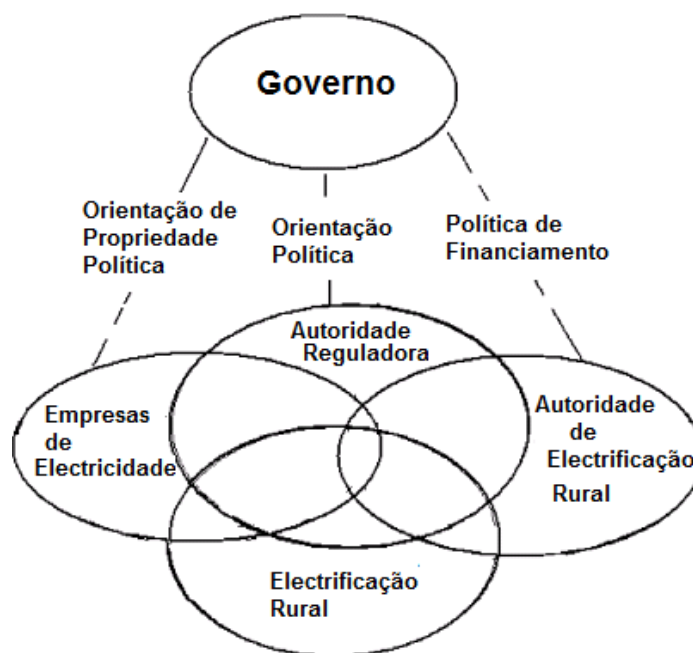


Figura 2.11: Relações institucionais na electrificação rural [1].

Á quantidade de reformas do sector eléctrico é dependente da situação e influência regional de cada país. A natureza e extensão das reformas é variável, no entanto reflectem-se em alterações de estrutura e/ou de privatização do mercado.

As alterações estruturais abrangem a separação vertical e horizontal da contabilidade ou de simples segmentos de alimentação. A separação vertical implica a criação de entidades distintas para a geração de energia eléctrica, transmissão e distribuição, e facilita o acesso aberto ao sistema de transmissão e a transparência dos custos das actividades de fornecimento de electricidade. A abertura do sistema simplifica a adesão de produtores independentes de energia que contribuem para o aumento do potencial de geração. A separação horizontal consiste na desagregação de entidades nacionais de distribuição em empresas de distribuição regional [23].

Boorsma (1994) indica que a privatização reduz o papel do sector público em benefício da iniciativa privada [2]. Por privatização entende-se a redução da oferta de bens, serviços, subsídios e regulamentação por parte do governo. Inclui também, alterações na venda e posse de propriedades, subcontratação e gestão interna independente. Essencialmente a privatização e comercialização de empresas de serviço público são realizadas para funcionar sob os princípios comerciais.

Aplicação de reformas compele a criação de entidades reguladoras independentes que estabeleçam a co-existência entre empresas privadas e privatizadas. A regulação baseia-se na premissa de objectividade e transparência na definição de tarifas e no equilíbrio entre o interesse e a utilidade para os consumidores. Esta abrange a vertente social e económica. A regulamentação social engloba assuntos de saúde e segurança pública, protecção ambiental e defesa do consumidor. A regulamentação económica surge na ausência de uma concorrência auto-suficiente [2].

A regulamentação económica advém do fornecimento de electricidade não ser regulado como um serviço social. A regulamentação visa maximizar os lucros. Na ausência de concorrência, a regulação é instituída para moderar o comportamento dos produtores e fornecedores. O funcionamento da rede eléctrica é naturalmente um monopólio, que deve ser regulamentado. Neste contexto os vários intervenientes no sector, vão regular a sua própria conduta, visando preços justos e serviços de qualidade [2].

O Banco Mundial enumera que a principal área de reforma nos países em desenvolvimento é a privatização das empresas governamentais. Introduce-se maior concorrência no mercado energético, conseqüentemente maior abertura do sector

eléctrico a participação do sector privado. Implicitamente considera-se a regulamentação independente [2].

A comercialização, privatização e regulamentação independente geralmente leva ao aumento das tarifas como consequência da eliminação de subsídios atribuídos pelo governo a electrificação. Devido á esta ser entendida como um serviço social essencial e acessível. Por outro lado, comercialização, privatização e regulamentação independente, aumenta as receitas. Podendo-se expandir o sistema de financiamento de electrificação rural e o imposto de consumo [2].

Tarifas demasiado altas são pouco acessíveis aos consumidores rurais. Os serviços comercializados e/ou privatizados tendem a concentrar-se sobre os lucros e portanto, estão menos interessados no fornecimento de electricidade para áreas rurais sem fins lucrativos. Neste âmbito, torna-se necessária atribuição de incentivos públicos a electrificação rural. Visando a aplicação de tecnologias de baixo custo e o estímulo a inovação de processos de electrificação para áreas remotas. A tabela 2.2 enumera as mediadas de reforma principais a serem aplicadas nos países em desenvolvimento.

Os incentivos financeiros têm associado o perigo de resistência de pagamento do serviço eléctrico por parte dos consumidores. Devido ao consumidor assumir os incentivos como uma protecção social.

O nível de sucesso da implementação de reformas é variável de país para país. A liberalização parece ter sido geralmente bem sucedida na maioria dos países em desenvolvimento, embora nos países Africanos a produção independente de energia demonstre-se pouca atractiva.

Tabela 2.2: Principais reformas do sector eléctrico nos países em desenvolvimento [2].

Reforma no sector eléctrico	Efeito da aplicação	Vantagens na ER	Desvantagens na RE
Liberalização	Novos investidores no mercado	Aumento do investimento da expansão do sistema	Perda de objectivo e de economias de escala
	Fragmentação da produção do sector eléctrico	<p>Maior potencial de electrificação</p> <p>Introdução de novas competências e capacidades</p>	Aumento das tarifas eléctricas
Produtores independentes de energia	Aumento da competição geração	Preços mais baixos de electricidade a longo prazo	
Separação Vertical	Separação da geração, transformação e distribuição electricidade	Transparência nos processos de geração, transformação, distribuição e fornecimento	<p>Possível eliminação de subsídios cruzados</p> <p>Perda de objectivo e economias de escala</p>
Separação Horizontal	Desagregação do sistema de fornecimento e distribuição em sistemas regionais.	<p>Maior ligação com os agentes de desenvolvimento regional e local.</p>	<p>Perda de economias de escala e de objectivo necessário para a expansão do sistema</p> <p>Remoção de subsídios cruzados com outros serviços</p> <p>Redução de receitas para investimentos</p>
	Actividade de electrificação é separada de outros serviços		
Comercialização & Privatização	Transferência na RE	Maior prioridade RE	Limitação das autoridades recém-criadas de RE
	Aumento das Tarifas de eléctricas	RE é integrado no Desenvolvimento Rural	Provável corte de consumidores rurais, por falta de pagamento
	Aumento de receitas para produtores e distribuidores	Oportunidade para a adopção de novas tecnologias no RE	Pouca atenção na rentabilidade das áreas rurais
		<p>Aumento de imposições governamentais onde os consumidor são usados como fonte de financiamento</p> <p>Disponibilidade de recursos financeiros para expansão e manutenção de sistemas</p>	Investidores privados podem abandonar o meio rural

(continuação)

Reforma no sector eléctrico	Efeito da aplicação	Vantagens na ER	Desvantagens na RE
Fiscalização Independente	Regulamentação Independente	<p>Facilita a participação aberta e transparente, de processos públicos</p> <p>Facilita a entrada e saída de regras favoráveis ao RE</p> <p>Garante um acesso aberto a rede a produtores de energia</p> <p>Garantia de custos justos e ideais para os consumidores rurais</p> <p>Promove aplicação de tecnologias de baixo custo</p> <p>Assegura que os ganhos de eficiência no fornecimento da electricidade são atribuídos a consumidores rurais</p>	<p>Aumento da competição de recursos financeiros (regulamentação e RE pode ter fonte comum de fundos)</p> <p>Aumenta o perigo de protecção dos consumidores rurais</p> <p>Aumento de favorecimentos a grupos de investidores privados</p>

Um estudo realizado por *Bacon e Besant-Jones* observou que a reforma mais implantada é a privatização e comercialização das empresas governamentais. Mais de 40% dos países analisados pelos autores tomaram como principal medida de reforma a privatização e comercialização das empresas governamentais. Tendo que 30 a 40% dos países tinham leis que promulgam a reestrutura e novas liberalizações e tinham já alguns produtores independentes de energia. E 29% dos países tinham estabelecido fiscalização independente. A privatização dos sistemas de distribuição foi a medida de reforma menos aplicada, verificada em 18% dos países [2].

Karekezi e Kimani (2002) observaram que na África Subsariana as reformas são bastantes diversificadas. À maioria dos países implementaram reformas em meados da década de 1990. No entanto, alguns países como África do Sul tinham desagregado os sectores de energia a muito tempo. As principais reformas introduziram produtores independentes na rede. Muitos países foram relutantes na criação de entidades fiscalizadoras independentes e apenas alguns tinham estabelecido fiscalização até ao final de 2001 [2].

A maioria dos países asiáticos tinham em 2004, implementado reformas no sector de energia. Nos países que implementaram reformas importantes incluem-se a Índia, Indonésia, Malásia, Filipinas, Singapura, Vietname e Tailândia, quase todos, tinham reestruturado o sector eléctrico através de privatizações e criação de entidades reguladoras independentes. No entanto, apenas um número limitado de países tinham introduzido o factor competição. E reconheceram a necessidade de expansão dos serviços de electrificação nas áreas rurais ao demonstrarem programas organizados RE. A maioria dos países estabeleceu órgãos de electrificação e legislação de suporte adequado [2].

Estudos do Banco Mundial mostram que nos países em desenvolvimento, os reguladores têm sido objecto de manipulação por conveniência política e tendem a superproteger os consumidores em detrimento dos investidores. Isto incute o surgimento de novos conceitos, como a regulação por contrato [2].

O programa de electrificação rural no Chile baseou-se na produção descentralizada e na participação local, nas parcerias público – privadas, na concorrência e no uso de tecnologias adequada para área a electrificar. Como resultado teve um crescimento de 20% de electrificação no período de 7 anos (1992 – 1999). Demonstrando que as reformas do mercado do sector eléctrico associadas a produção descentralizada são uma solução para a procura energética [2].

2.1.7 APOIO A MEDIDAS ENERGÉTICAS

Actualmente as medidas energéticas são projectadas a médio e longo prazo. A criação de cenários de análise tem por base, o factor económico e ambiental. No entanto, a elaboração de um cenário deve ponderar as necessidades energéticas da zona em análise com as necessidades sociais e a disponibilidade local de recursos energéticos.

Os modelos energéticos podem apresentar-se como uma ferramenta de apoio na análise de aplicação de medidas de electrificação, em zonas rurais dos países em desenvolvimento, por projectarem a médio e longo prazo. E por permitirem comparações técnicas, económicas, financeiras, ambientais e sociais que optimizam os sistemas de produção, distribuição e transmissão de energia eléctrica.

Os modelos energéticos podem ter diversas dimensões metodológicas. A classificação mais comum é a divisão *bottom-up* e *top-down*. Os modelos *bottom-up* descrevem as tecnologias do sistema de energia detalhadamente, mas não consideram os factores

externos ao sector energético para a tomada de decisão. Os modelos *top-down* permitem uma análise macroeconómica baseada na relação procura/oferta [23].

Os modelos *bottom-up* analisam alterações comportamentais ou melhoramento tecnológico, por acções de eficiência energética. Enquanto os modelos *top-down* possibilitam o cálculo do mix energético pelo factor económico, que se adequa melhor a determinada procura.

2.1.7.1 LEAP

Ferramentas de modelação integrada como o LEAP¹ permitem caracterizar os sectores de consumo, produção e extracção de recursos. Como ferramenta, requer a sua própria estrutura de dados pela definição de cenários. A comparação de cenários permite perceber quais as melhores opções, em termos de políticas e decisão, ao nível energético da zona em análise.

O LEAP permite criar modelos de sistemas de energia diferentes, com uma estrutura própria de dados. A metodologia de modelação é diversificada e difere do lado da procura para o da oferta. Do lado da procura pode utilizar modelos *bottom-up*, técnicas de utilização final de contabilidade através do modelo *top-down*. No lado da oferta considera o cálculo custo - benefício, de emissões e de energia [25].

A construção do modelo de cálculo no LEAP é baseada em cenários, que contêm informação como a energia utilizada, convertida e produzida dentro da região ou economia, tendo como variável o tempo, crescimento populacional, aumento da procura, desenvolvimento económico, preço dos combustíveis, inserção de novas tecnologias entre outros. A flexibilidade de modelação de dados permite uma análise técnica e de consumos finais de acordo com a especificidade do estudo.

O LEAP basicamente é composto por quatro modelos que são: ramo das variáveis, o lado da procura, o processo de transformação e os recursos. Na secção das variáveis introduz-se informação a ser considerada nos cálculos como a população, rendimento familiar, taxas de crescimento entre outros dados. No da procura especifica-se os sectores de consumo de qualquer forma de energia e o uso final. Na transformação informa-se o modelo de quais as formas de energia a usar na geração de energia e tecnologia utilizada. Finalmente nos recursos encontram-se as reservas de energia da região que serão utilizadas, no entanto caso a reserva acabar, o programa procura

¹ www.energycommunity.org

automaticamente a importação do combustível para suprir a procura se for introduzida essa ordem [25].

Em suma, o Leap permite caracterizar os sectores responsáveis pelo consumo e produção de electricidade e definir cenários para a evolução do sistema durante um certo período de tempo. Assim o software, permite analisar quais as melhores opções em termos políticos e decisões ao nível energético através da comparação de cenários. Neste sentido, a principal vantagem é a possibilidade de analisar a evolução dos sistemas energéticos no tempo. No entanto não permite a optimização do sistema, isto é, não permite encontrar a configuração óptima do sistema gerador de energia.

2.1.8 TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS

Existem várias tecnologias que fazem diferença nos impactos ambientais na produção, transmissão e distribuição de energia. Por serem mais eficientes no uso final da energia e na redução directa de custos económicos, ambiente e sociais. Aplicação de tecnologias enquadra-se num processo flexível, que visa atingir os objectivos de desenvolvimento sustentável, facilitando a reestrutura do sector energético por parte do poder político (governo) dos países.

As tecnologias de produção de energia mais limpa contribuem para diminuição da concentração de gases com efeito estufa (GEE) na atmosfera. Contribuindo para a meta de redução de 5% dos GEE, com base nos valores de emissão de 1990, durante o período 2008-2012 [22].

Os sensores e controlos desempenham um papel importante no desenvolvimento das tecnologias de energia de produção mais limpa. Ao contribuírem para o aumento da eficiência do sistema a um custo baixo, e permitirem a integração da transdução, conversão de sinal, captação de informação e telecomunicação num único chip [23].

O custo decrescente das tecnologias de sensores pelo aumento da funcionalidade dos dispositivos semicondutores e a combinação de escala contribuíram para o desenvolvimento de materiais e circuitos integrados. Permitindo a obtenção de dispositivos mais robustos, que podem ser aplicados em ambientes com condições severas. Os sensores medem do interior e comunicam com exterior. A integração de moléculas biológicas e sistemas com tecnologias emergentes com dispositivo de estado sólido prediz o princípio da electrónica molecular e de sistemas de nano-tecnologia com o uso prático. Sensores avançados podem ajudar a reduzir o desperdício de energia, emissões de CO₂ e outros poluentes [23].

Inúmeras aplicações de energia específica para sensores e controles avançados já são uma realidade, enquanto muitos outros estão previstos para o futuro. Por exemplo, sensores químicos capazes de funcionar em furos podem melhorar a recuperação de combustíveis fósseis. Ambos os processos de refino e reforma de combustíveis fósseis para o sequestro de CO₂ na cabeça do poço requerem processamento químico substancial que pode ser melhorado através do tempo real por sensores e controles de processo. Sensores e controles que meçam com mais precisão os parâmetros operacionais também podem ser usados para aumentar a produção das centrais nucleares. Melhores sensores e controles permitem uma operação mais perto de materiais teóricos e limites de processo, que melhoram a eficiência em processos de geração de energia fóssil [23].

Muitas vezes, uma tecnologia com um único sensor é fundamental, atendendo às necessidades de diferentes aplicações, por isso os sensores são uma tecnologia transversal. Uma grande variedade de novas tecnologias de sensores robustos, rápidos, baratos, sem fio, em miniatura, e capaz de suportar o controle em tempo real puderam estar disponíveis e amplamente utilizados no futuro.

2.2 ELECTRIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A disponibilidade de energia nas suas diversas formas é variável, de país para país, consoante o nível de desenvolvimento. Os países mais desenvolvidos são os que apresentam melhores condições socioeconómicas. Nestes a energia predominante é de origem fóssil (petróleo, carvão e GPL essencialmente). Nos países em desenvolvimento é energia da biomassa (lenha, resíduos animais, entre outros) é a mais utilizada nos processos de coacção, iluminação e aquecimento.

No processo de electrificação das áreas rurais, em especial nos países em desenvolvimento, as energias renováveis e a utilização de tecnologias associadas são considerados como solução para aumentar a oferta de energia. Os benefícios directos e indirectos da produção de electricidade por fontes renováveis em áreas rurais incluem a irrigação, a conservação de alimentos, processamento de culturas, de refrigeração e indústrias de pequeno porte, aumentando o índice de desenvolvimento humano das populações.

2.2.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

Em 1987 na comissão de Brundtland surge a primeira definição de conceito sustentável. Este compreende que o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente não deve comprometer a capacidade de desenvolvimento das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades [21].

O princípio que o Homem deve gastar os recursos naturais de acordo com a sua capacidade de renovação, de modo a evitar o seu esgotamento, sustenta a ideia base de desenvolvimento sustentável. No entanto para o desenvolvimento sustentável ser alcançado é fundamental o equilíbrio entre actividade económica, o ambiente e o bem-estar global da sociedade. Estes formam o tripé básico do conceito de desenvolvimento sustentável. A Figura 2.12 evidencia a relação entre os três parâmetros que subentendem o desenvolvimento sustentável da civilização [21].



Figura 2.12: Triângulo do desenvolvimento sustentável [21].

Ao longo do tempo o conceito de desenvolvimento sustentável tem condicionado e implementado mais racionamento e desenvolvimento através da criação e aplicação de normas, presentemente dá-se ênfase, as regras de consumo de energia. Estas obrigam os maiores consumidores de energia a certificação de produtos e serviços e promovem a racionalização de energia.

O projecto Milénio da ONU apresenta estratégias práticas para o comprimento dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM). Os objectivos são erradicar a pobreza e a fome, assegurar a instrução primária para todos, promover a igualdade entre os sexos, reduzir a mortalidade infantil, melhorar a saúde das mulheres, combater as doenças transmissíveis, promover o desenvolvimento sustentável e instaurar uma parceria mundial [21].

2.2.2 CONCEITO DE ZONA RURAL

Entende-se por zona rural, áreas com baixa densidade populacional e com aglomerados dispersos. Normalmente são comunidades pobres que habitam as zonas rurais [2].

A pobreza pode ser definida com base no nível de rendimento ou consumo. É considerado pobre, o sujeito que apresenta escassez de recursos para assegurar as condições básicas de subsistência e de bem-estar, segundo a sociedade. Isto é, evidencia más condições de vida, que reflectem-se na dieta alimentar, nas condições habitacionais, no acesso e na assistência sanitária e nas condições de emprego [26].

Numa definição mais ampla a pobreza pode ser avaliada pela falta de capacidades humanas básicas. Estas reflectem-se no analfabetismo, má nutrição, mortalidade infantil elevada, esperança média de vida reduzida, pela falta de acesso a serviços e infra-estruturas necessárias para satisfazer necessidades básicas (saneamento, água potável, energia, comunicações) e mais genericamente, pela incapacidade de exercer os direitos de cidadania [20].

Existindo um conceito universal para pobreza, é importante compreender que o conceito varia de acordo com as normas da sociedade e com as condições locais específicas. A percepção de pobreza e as características que a qualificam variam de país para país e de zona. Normalmente a percepção de pobreza urbana é diferente da rural, devido aos hábitos de consumo e os comportamentos sociais serem diferentes [20].

A pobreza rural caracteriza-se pela falta de inputs e factores de produção, que contribuem para a falta de trabalho. Acelerando o movimento migratório da população para zonas urbanas. Compete ao sector político criar estruturas que fixem a população nas áreas rurais. Assim no intuito de alcançar benefícios económicos, ambientais e sociais a electrificação rural (ER) deve ser integrada no desenvolvimento rural [2].

2.2.3 ELECTRIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO HUMANO

A energia só por si não incrementa crescimento económico nem significa desenvolvimento humano. Sem acesso a formas de energia o processo industrial, comercial, agrícola e o desenvolvimento cognitivo do indivíduo é limitado, como evidenciado na figura 2.13.

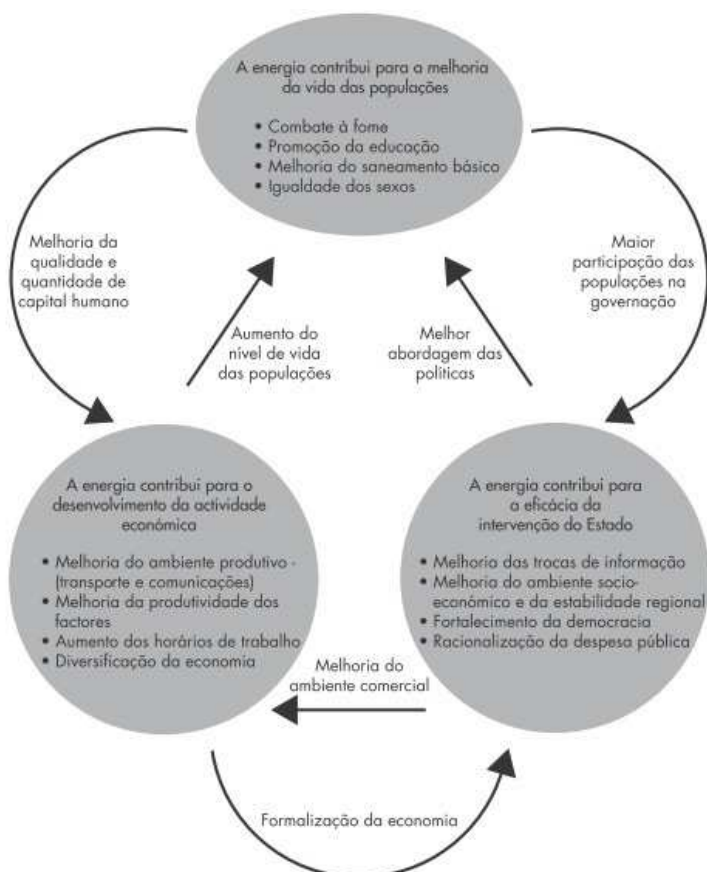


Figura 2.13: Relação do sector energético com o desenvolvimento humano [27].

O acesso a electricidade é crucial para o desenvolvimento humano. Tornando-se num indicador de desenvolvimento humano, por permitir actividades básicas. Isto é a electricidade pode ser transformada em água potável, por bombeamento de grande profundidade ou por purificação. Pode ser utilizada para melhorar a saúde ao proporcionar refrigeração de vacinas e antibióticos e a utilização de instrumentos de diagnóstico. E Promove a agricultura através da irrigação ou utilização de máquinas agrícolas [27].

O desenvolvimento pode ser comparado a um ciclo. Em que é preciso energia para existir produção, que permite empregabilidade. Esta aumenta capacidade de compra e procura do agregado familiar, que compele maior produção [8].

Um maior consumo eficiente de energia (aumenta o consumo energético mas aumenta na mesma escala a produção) significa maior desenvolvimento sustentável, como evidencia a figura 2.14 [8].

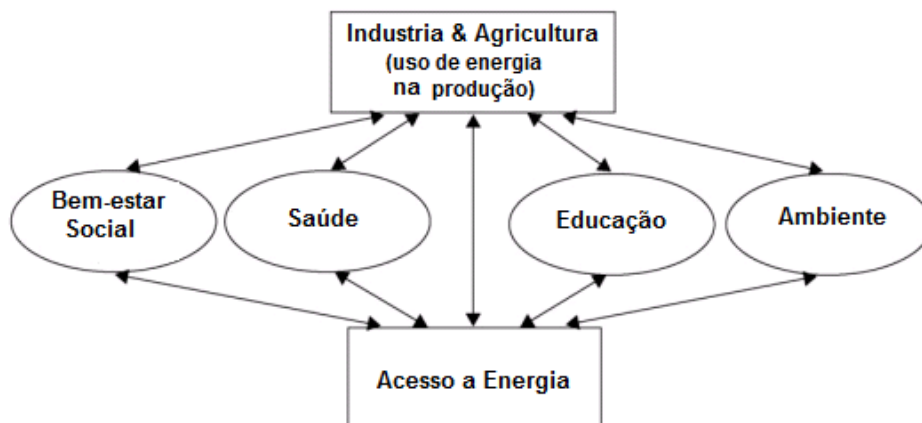


Figura 2.14: Ciclo de desenvolvimento com base no acesso a energia [8].

Na Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável realizada em 2002 em Joanesburgo, a comunidade internacional comprometeu-se a reduzir até 2015 o número de pessoas sem acesso a água potável e a saneamento adequado. Ficando acordado o compromisso de aumentar a percentagem de energia renovável no mix energético mundial, sem fixarem metas atingir [20].

Nos países em desenvolvimento verifica-se o maior número de pessoas sem acesso à electricidade, como é ilustrado na figura 2.15. Nestes países, o acesso a electricidade é uma das preocupações do poder político, que criam programas e agências nacionais de electrificação para solucionar o problema, em especial para as zonas rurais.

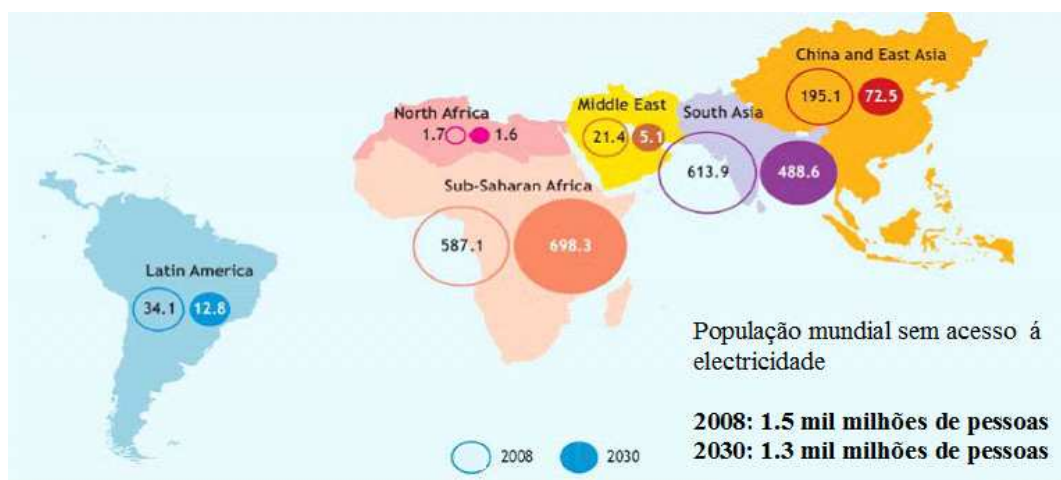


Figura 2.15: Ilustração da população mundial sem acesso à electricidade em áreas em desenvolvimento [28]

O relatório da AIE prevê que no horizonte de 20 anos, o número de pessoas no mundo sem acesso à electricidade decresça aproximadamente 10%. Estimou-se que a nível mundial em 2009, o número de pessoas sem acesso a energia eléctrica foi de 1,4 mil milhões (ou 20% da população). Com cerca de 85% dessas pessoas a viverem em áreas rurais como apresentado na tabela 2.3 [29].

Tabela 2.3: Acesso Electricidade em 2009 [29].

	População sem energia eléctrica [milhões]	Electrificação [%]	Electrificação urbana [%]	Electrificação rural [%]
África		41,9	68,9	25,0
Norte de África		99,0	99,6	98,4
África subsaariana		30,5	59,9	14,3
Ásia em desenvolvimento		78,1	93,9	68,8
China e Ásia Oriental		90,8	96,4	86,5
Sul do Ásia		62,2	89,1	51,2
América Latina		93,4	98,8	74,0
Médio Oriente		89,5	98,6	72,2
Países em desenvolvimento	1438	73,0	90,7	60,2
Economias em transição & da OCDE		99,8	100,0	99,5
Mundo	1441	78,9	93,6	65,1

O gráfico da figura 2.16 representa, a relação da taxa de electrificação e a quantidade de pessoas sem acesso a electricidade em 2009. Actualmente o continente africano e asiático têm o maior número de pessoas sem acesso a electricidade. A África Subsaariana é a área do mundo com maior percentagem (69 %) de pessoas sem acesso à electricidade. Em segundo lugar encontra-se a Ásia do sul com 42 % da população [29].

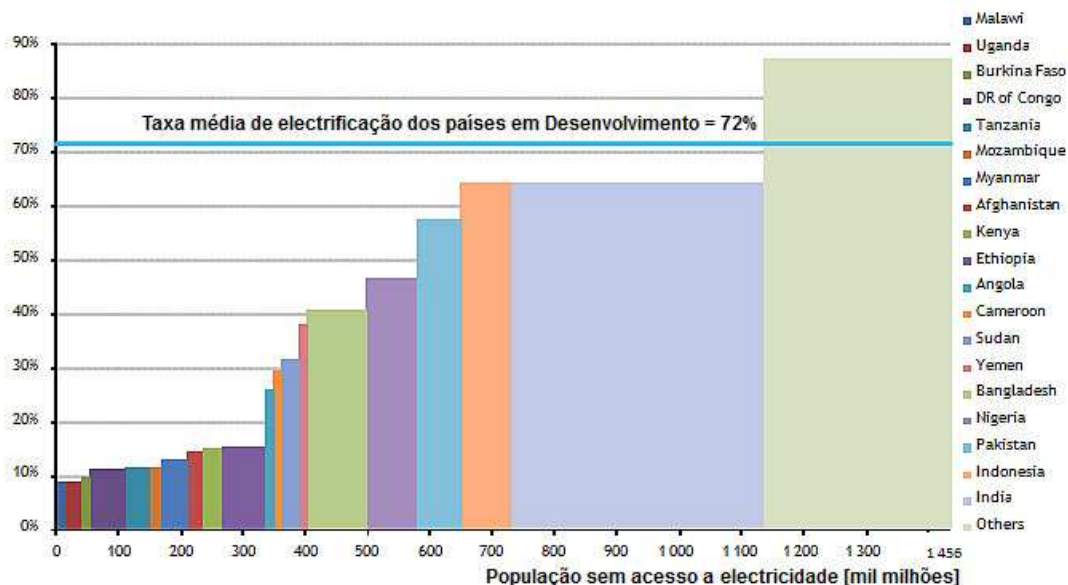


Figura 2.16: Gráfico ilustrativo da relação entre a taxa de electrificação e da população sem acesso à electricidade [29].

2.2.3.1 EVOLUÇÃO DA ELECTRICIDADE

O conceito de electricidade remonta à antiga civilização grega. Considerando que *Tales de Mileto* foi um dos pioneiros na descoberta da electricidade ao experimentar repetidamente, a fricção do âmbar, descobriu o efeito da atracção dos corpos. Mas foram precisos muitos séculos para que o conceito de electricidade fosse totalmente conhecido e que dele se retirassem as utilidades que revolucionaram o desenvolvimento das civilizações contemporâneas [29, 30].

A partir do século XVI, o estudo do fenómeno da electricidade sofreu um enorme incremento na Europa e nos Estados Unidos da América. A descoberta da electricidade, primeiro na forma estática e depois na forma corrente, impulsionou a revolução industrial. Iniciada no século XIX [30].

Os primeiros fornecimentos públicos de energia eléctrica começaram pela iluminação pública. Ainda sob os auspícios do liberalismo, os conselhos das cidades contratavam com as empresas privadas o fornecimento de energia eléctrica, que assumiram, simultaneamente, o compromisso do estabelecimento das instalações eléctricas e da sua manutenção [30].

É no século XX que ocorre a electrificação dos países europeus, através do desenvolvimento sistemático e interligado das actividades de produção, transporte e distribuição de energia eléctrica [30].

O acesso à electricidade é compreendido como a percentagem da população que usufrui de electricidade em sua casa. A aquisição deste vector energético pode ser através da rede de distribuição pública ou privada e pela auto-geração.

2.2.3.2 DESENVOLVIMENTO HUMANO

O ser Humano é a verdadeira riqueza de uma nação. O objectivo básico do desenvolvimento humano é a obtenção de uma sociedade, que proporcione longevidade, saúde e criatividade a população. Na verdade este objectivo é esquecido em prol da acumulação de mercadorias e riqueza financeira [14].

Desenvolvimento humano agrupa produção e distribuição da comunidade, e expansão e utilização das capacidades humanas. Preocupa-se com a satisfação das necessidades básicas e com o processo participativo e dinâmico da população. Concentrando-se no que as pessoas deveriam ser, ter e fazer para serem capazes de assegurar seu próprio sustento. Este conceito tem aplicação igual em todos os países, independentemente do grau de desenvolvimento [14].

Para os países em desenvolvimento é obtida uma correlação deste índice com o consumo de energia eléctrica, de acordo com o trabalho de A. Pasternak, “*Global energy futures and development*”. Esta correlação revela um aumento aproximadamente linear do desenvolvimento humano até ao índice 0.8 para um consumo diário de energia eléctrica aproximadamente de 8 kWh. Verificando-se que o impacto no ambiente será maior caso o desenvolvimento seja sustentado nas energias de origem fóssil. No caso de utilização de energia renovável é possível ponderar que um consumo diário por pessoa próximo dos 10kWh permita elevar o índice de desenvolvimento para os 0.8 e prever em média 2 filhos por mulher. O controlo natural do crescimento da população mundial passa pelo desenvolvimento humano e este pode ser conseguido através da energia eléctrica obtida de fontes renováveis [14].

O desenvolvimento sustentável da população permite controlar o crescimento da população. Quanto maior o desenvolvimento humano menor o número de filhos por mulher. Mesmo com a esperança média de vida aumentar é possível controlar o crescimento da população.

Pela figura 2.17 é possível verificar que se o índice de desenvolvimento de um país aumentar de 0,3 para 0,8 o número médio de filhos por mulher desce de 6 para 2 filhos [14, 31].

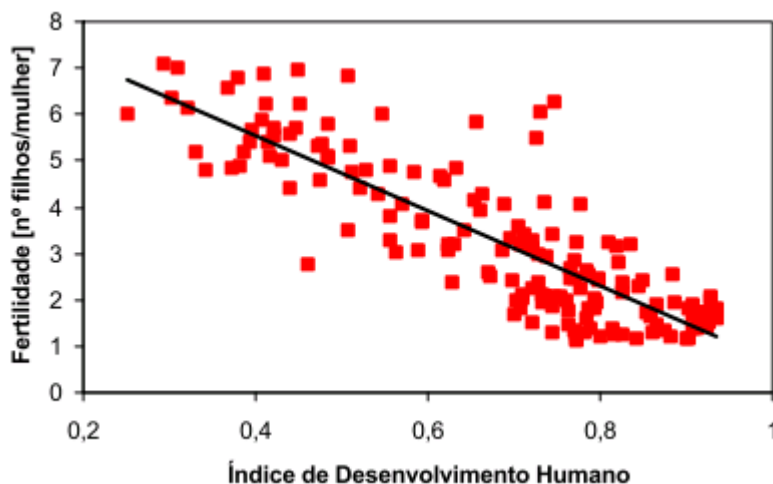


Figura 2.17: Relação do IDH e o número de filhos por mulher [14].

Nos países em desenvolvimento verifica-se um maior número de filhos por mulher e uma menor taxa de electrificação. Contudo esta realidade encontra-se num processo moroso de transformação.

Os investimentos públicos no sector de energia nos países em desenvolvimento competem directamente com os investimentos sociais como por exemplo saúde e educação. Apesar de subentender-se que a electrificação permite o desenvolvimento da saúde e educação. Numa perspectiva abrangente, é preciso diversificar as actividades económicas para garantir um crescimento e um mercado de trabalho sustentáveis [14].

2.3 RESUMO DO CAPÍTULO 2

A utilização e percepção do uso de energia têm sofrido alterações ao longo das últimas décadas, tanto na parte dos produtores como dos consumidores. O crescimento da população e o aumento da intensidade energética verificada levaram a tomada de políticas energéticas com a finalidade de assegurar o abastecimento energético. Estas políticas energéticas abrangem preocupações ambientais, evolução tecnológica, concorrência e reestruturação do mercado, melhorias de eficiência e uso de energia renovável de forma a garantir o desenvolvimento sustentável.

Uma forma de medida e quantificação dos países ou áreas geográficas é através dos indicadores de desenvolvimento. Estes compreendem o índice de desenvolvimento humano (IDH) e intensidade energética. O IDH avalia os níveis de progresso através do

conceito de desenvolvimento sustentável. A limitação dos valores de intensidade energética pelo protocolo de Quioto aos países desenvolvidos atribuiu uma margem de crescimento aos países em desenvolvimento, por permitir um intervalo maior de emissão de gases de efeito de estufa com a perspectiva de desenvolvimento e consequentemente, aumento da intensidade energética nestes países. Assim se os países em desenvolvimento investirem em tecnologias mais limpas ficam com um acréscimo de emissões de gases de efeito de estufa. Podendo vender a sua cota de emissão aos países desenvolvidos.

A maioria dos países desenvolvidos tem o seu desenvolvimento assente no consumo de energia de fonte fóssil que importam dos países em desenvolvimento. A instabilidade do preço do petróleo e gás natural fez com que os países desenvolvidos investissem no desenvolvimento e inovação tecnológica mais limpa com o objectivo de diminuir a dependência energética face aos países desenvolvidos. Contudo se os padrões de consumo, tal como hoje se conhece, não se alterarem o abastecimento energético esta em causa. Pois a implementação e o aumento de energias renováveis no mercado por si só, não solucionam os problemas da procura. É importante existir regulação que permita a abertura do mercado energético. Esta abertura de mercado juntamente com o aumento de eficiência dos processos permite a flexibilização energética.

O mercado e distribuição de energia tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento são desequilibrados. Tendo-se que 87% da energia primária é consumida pelos países desenvolvidos e a geração de energia eléctrica é maioritariamente proveniente da queima de combustíveis fósseis. Mas é expectável que a penetração das energias renováveis no mercado energético a médio e longo prazo uniformize o consumo *per capita* mundial. Presentemente verifica-se que um habitante dos países da OCDE consuma em média 94% mais que um habitante dos países em desenvolvimento. A região com menor taxa de electrificação é a África Subsaariana (SSA), somente 30% da população tem acesso a electricidade e com 90% da população dependente de combustíveis tradicionais (essencialmente lenha, resíduos animais, resíduos florestais).

Actualmente, verifica-se uma crescente tendência na aplicação de sistemas de produção de energia descentralizados. Este facto deve-se, essencialmente, a penetração de energias renováveis no mix energético. Tornando a produção e distribuição de energia eléctrica independente das variações dos preços dos combustíveis fósseis. Estes sistemas de produção nos países em desenvolvimento demonstram ser vantajosos face

aos centralizados essencialmente por utilizar os recursos distribuídos localmente. Este facto diminui os custos de investimento em infra-estruturas e requisitos de linha de transmissão e são mais sensíveis à crescente procura de energia. No entanto para os países desenvolvidos a produção centralizada combinada com a produção descentralizada evidencia ser uma solução eficaz para garantir o abastecimento energético das cidades, que cada vez mais, estão sobrepovoadas e com procuras de energia de qualidade (livre de oscilações).

Os sistemas de abastecimento de energia na sua maioria são subsidiados pelos governos. Este facto é verificado tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento. Esta medida é tomada no sentido de tornar a electricidade acessível a toda a população. No entanto, presentemente tem-se verificado que não é sustentável para um país manter interminavelmente esta medida. Numa fase inicial pode ser um instrumento ao desenvolvimento, mas posteriormente terá de ser reajustada através de reformas. Pois os incentivos financeiros (subsídios) têm associado o risco de resistência de pagamento do serviço eléctrico por parte dos consumidores, por estes assumirem os incentivos como protecção social. As reformas do mercado energético devem compreender, a liberalização do mercado e a criação de uma entidade reguladora independente. Sendo da competência do poder político a responsabilidade da criação da entidade reguladora.

Reformas como comercialização, privatização e regulamentação independente geralmente leva ao aumento do tarifário, como consequência da eliminação dos subsídios. Mas por outro lado, existe um aumento das receitas que promove o aparecimento de novos investidores aumentando a concorrência no mercado de energia, facto que a médio e longo prazo levará a estabilização do tarifário energético.

As reformas e medidas energéticas actualmente são tomadas com recurso a modelos energéticos. Estes evidenciam ser uma ferramenta de apoio na análise da aplicação de medidas de electrificação. Pois permitem comparações técnicas, económicas, financeiras, ambientais e sociais que optimizam os sistemas de produção, distribuição e transmissão de energia eléctrica. O Leap é uma ferramenta de modelação que requer a sua própria estrutura de dados com base no modelo *top-down*, isto é a análise é baseada na relação procura/oferta. A comparação dos cenários possibilita escolher quais as melhores opções e decisões em termos de políticas a serem empregues, em determinada área.

Ferramentas como o Leap, podem ser utilizadas pelo poder político dos países em desenvolvimento no apoio de implementação de medidas impulsionadoras de desenvolvimento rural. O acesso a energia eléctrica é crucial para o desenvolvimento humano, principalmente nas zonas rurais destes países. O desenvolvimento das áreas rurais deve enquadrar-se no conceito de sustentabilidade. Assim um maior consumo eficiente de energia implica um maior desenvolvimento sustentável. É no entanto, do conhecimento geral que nos países em desenvolvimento os investimentos financeiros no sector de energia competem directamente com os investimentos sociais. Apesar de subentender-se que a electrificação permite o desenvolvimento humano.

Em 2009, estima-se que a nível mundial 1,4 mil milhões de pessoas não tinham acesso a energia eléctrica, este número representa 20% da população. Em que 85% dessas pessoas viviam em áreas rurais. Os países que apresentaram maior percentagem de pessoas sem acesso a electricidade foram os da Ásia do Sul com 42% e África Subsaariana com 69%. Por acesso a electricidade compreende-se a percentagem da população que usufrui de electricidade em casa e do bem-estar que esta induz a sua vida.

3 CASO DE ESTUDO – MUNICÍPIO ALTO CAUALE, ANGOLA

O acesso à electricidade é normalmente compreendido como um direito ou bem público, disponível a todos os cidadãos. No entanto, na maioria dos países da África Subsaariana, o acesso à electricidade é limitado, menos de um terço das residências tem electricidade. As taxas de acesso à electricidade variam consideravelmente das áreas urbanas para as rurais, com as zonas rurais a apresentar menor taxa [8].

Geralmente nestes países o fornecimento de energia à rede eléctrica nacional é descontínuo e não assegura o aumento do consumo de energia, devido ao aumento da população essencialmente [8].

A biomassa é a principal fonte de combustível para os milhões de africanos pertencentes a SSA, que não têm acesso a fontes modernas de energia, especialmente nas áreas rurais onde a biomassa é usada para cozinhar [7, 32].

Os consumidores domésticos utilizam a biomassa pelo seu poder calorífico e por ser de fácil acesso. Mas o fumo resultante da queima de combustíveis sólidos encontra-se, no “top 10” dos maiores riscos de saúde pública. A poluição do ar interior é responsável por cerca de 2,7 % da carga global de doenças. Apesar da existência de opções tecnológicas para diminuir o índice de poluição do ar interior [6, 8, 9, 33].

A indústria dos diamantes e a exploração e captação de petróleo na costa marítima de Angola são as principais actividades económicas do país. A agricultura e a indústria manufacturada encontram-se num processo de reestruturação, devido ao longo período de guerra que o país teve [27].

Na sequência do acordo de paz firmado em 2002, Angola encontrando-se actualmente num processo de reestruturação de infra-estruturas e alojamento da população deslocada da sua zona de residência consequência de quatro décadas de guerra. Com início na guerra pela independência e posteriormente com vinte e sete anos de guerra civil [33].

3.1.2 PROCURA E OFERTA ENERGÉTICA

As estimativas sobre a percentagem da população com acesso a energia eléctrica variam entre 8% e 20%. Este intervalo significativo deve-se, principalmente, às incertezas quanto à dimensão e número de redes municipais isoladas e de geradores domésticos, à quantidade de ligações ilegais à rede e, até, à incerteza sobre o número total de habitantes em Angola² [27].

Como demonstra figura 3.2 a electricidade em Angola é de origem hídrica e fóssil. No entanto, a maioria das províncias do país não tem acesso a energia da rede, recorrendo a geradores a diesel.

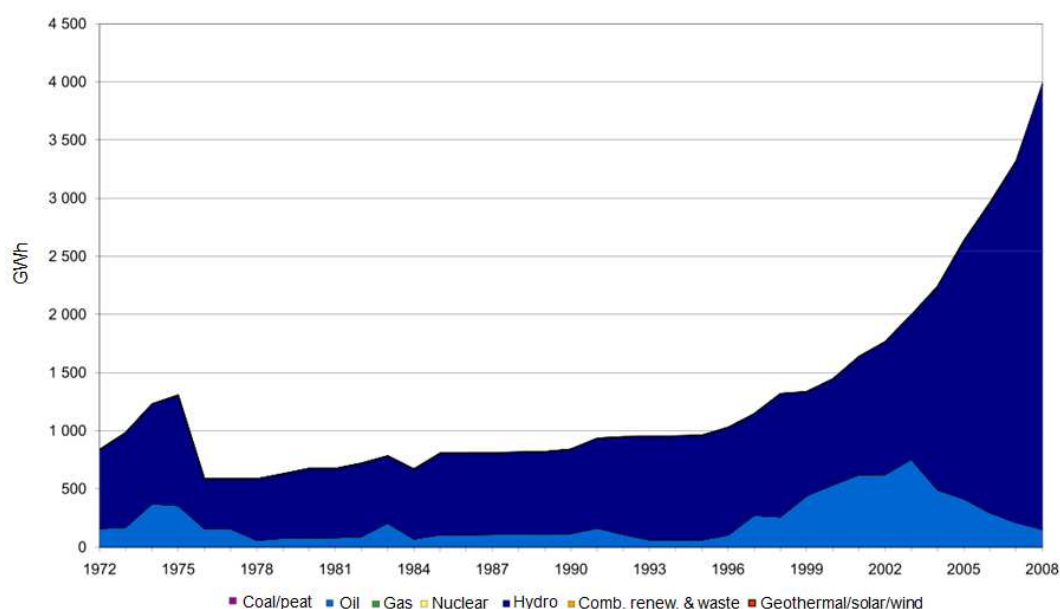


Figura 3.2: Geração de electricidade em Angola por fonte de combustível [12].

² As estimativas oscilam, de 12 a 19 milhões embora a maioria recaia num intervalo de 14 a 17 milhões.

Como referido, o abastecimento de serviços públicos básicos (água e electricidade, em particular) é debilitado, em que a ligação por rede não ultrapassa os 20% da população e o corte eléctrico é frequente.

Quase todos os sistemas isolados e de recurso funcionam a gasóleo. As redes rodoviárias e ferroviárias encontram-se danificadas e dificultam o fornecimento de combustível a esses sistemas isolados. Normalmente os sistemas têm um ou dois geradores com 250-500 kW de capacidade cada e a funcionar 4-5 horas por dia, dependendo da disponibilidade de gasóleo [27].

A maioria dos equipamentos do sector de energia foi construída, muito antes da independência, em 1975. E uma grande parte dessas infra-estruturas foi danificada durante a guerra civil ou não recebe manutenção regular, consequentemente o transporte e distribuição de energia em Angola são o principal problema na electrificação do país. Mas é de referir que a falta de infra-estruturas, a baixa taxa de cobrança eléctrica ao consumidor e as ligações não legais a rede (aproximadamente 20%) contribuem para o agravamento da situação [27].

A tabela 3.1 apresenta as principais entidades responsáveis pelo sector energético angolano e as suas competências. A Empresa Nacional de Energia (ENE) actualmente é a responsável por grande parte dos equipamentos de produção de energia no país. Com excepções de alguns pequenos sistemas isolados de produção, explorados por algumas autoridades locais para abastecer redes municipais e os geradores de recurso, utilizados pela maioria das indústrias e muitos consumidores domésticos.

A capacidade total de auto-geração não é conhecida, ainda que as estimativas a situem em cerca de 20% da capacidade total do país, o que implica cerca de 225 MW. No entanto, alguns estimam que a capacidade de auto-geração possa ser quase equivalente à capacidade da rede, isto é, cerca de 900 MW no ano de 2002 [27].

Tabela 3.1: Entidades e competências responsáveis pelo sector eléctrico angolano [4].

Entidade	Competência
MINEA – Ministério da Energia e Águas	É o responsável pelo planeamento, coordenação e supervisão da produção, transporte e distribuição da energia.
ENE – Empresa Nacional de Electricidade	É uma empresa pública, responsável pela produção, transporte e distribuição de electricidade nos três principais sistemas eléctricos em Angola. Juridicamente é distinta do estado.
EDEL – Empresa de Distribuição de Electricidade	Empresa pública de distribuição responsável pelo fornecimento de electricidade a capital do país, Luanda.
Municípios	Muitas cidades têm o seu próprio serviço isolado de produção e distribuição de energia eléctrica
IRSE – Instituto Regulador do Sector Eléctrico	Entidade responsável pela regulação do sector eléctrico
Hidrochicapa	Principal produtor independente de energia (produz para as minas de diamantes).

3.1.3 POBREZA EM ANGOLA

A incidência da pobreza é maior nas zonas rurais – onde afecta 94% da população, comparado com 57% nas zonas urbanas. Esta situação resulta da dificuldade que os agricultores têm em obter terras férteis e aceder aos mercados, da deterioração da rede rodoviária e da migração dos habitantes das zonas rurais para os centros urbanos. O último inquérito sobre as famílias angolanas (2001) revelou que 40% dos chefes de família estavam desempregados e que um quinto das crianças participava no trabalho doméstico [27].

Nos termos do Relatório de Desenvolvimento Humano de 2010, Angola está classificada em 146º lugar com um IDH de 0,404 num conjunto de 169 países. Aproximadamente 70% da população vive abaixo do limiar de pobreza [2UDS americanos por dia), com USD 1,7 por dia. O banco mundial estima que entre 2007 e 2020, Angola apresente uma taxa de crescimento da população de 2,6 % [6, 9].

A incidência da pobreza varia das zonas urbanas para as zonas rurais. De acordo com os resultados do IDR, a pobreza urbana atinge 57 por cento dos agregados familiares e a rural em 94 por cento. Na região sub-saariana Africana em média o consumo per capita é de 0,50 tep [33, 34].

Segundo os dados do MICS (*Multiple Indicator Cluster Survey*) de 2001, a dimensão média do agregado familiar é de cerca de 6 indivíduos, nas zonas urbanas, e de 5 indivíduos nas zonas rurais. Com cerca de 35% dos agregados familiares a serem constituídos por mais de 6 elementos [34].

Um dos elementos com influência crescente no desenvolvimento humano é o acesso a água potável. Segundo os resultados do MICS em 2001, cerca de 62 % da população não tinha acesso directo a água potável e 42% demora mais de 30 minutos a percorrer a distância à fonte de água. Apenas 15% da população tinha ligação directa à rede pública de abastecimento de água. Acresce que 41% da população vive sem dispor de sistema de saneamento³. Este valor reduz-se para 25 por cento nas zonas rurais. Apenas 13,5 % da população total possui casa de banho com sistema de esgoto e destes apenas 2 % população vive em zonas rurais [34].

O sector da saúde em Angola indica fraquezas graves tanto em termos de infra-estruturas como de recursos humanos. A destruição de muitos hospitais e centros de saúde durante a guerra constitui uma das causas para esta situação. Os centros de saúde encontram-se dispersos e o número de profissionais é limitado. Os serviços estão concentrados nas áreas urbanas. Em 2001, menos de 35% da população angolana tenha acesso à prestação de cuidados sanitários do Sistema Nacional de Saúde [34, 35]

Os indicadores relativos à educação em Angola encontram-se entre os mais baixos na África subsariana. Cerca de 34% das crianças com idade inferior aos 11 anos nunca frequentaram a escola, em 2001. A proporção de indivíduos que nunca frequentou a escola é mais elevada no meio rural (42%) do que no meio urbano (24%) e ascende a 50% para as crianças de meios socioeconómicos mais pobres [34, 36].

Relativamente às condições habitacionais, segundo os resultados do IDR os agregados familiares pobres usam fundamentalmente palha, cana e madeira para a construção das paredes de suas casas. O cimento e o zinco são usados maioritariamente pelos não pobres. Quanto ao material de construção dos telhados, o capim é utilizado

³ Segundo o MICS, o sistema de saneamento inclui casa de banho com sistema de esgoto, casa de banho com fossa séptica, poço roto, latrina seca ou latrina com descarga manual.

essencialmente pelos pobres extremos. A pedra, telhas, lusalite e zinco são usados maioritariamente pelos não pobres [34].

Em Angola nas áreas rurais, os padrões de vida encontram-se ainda longe dos encontrados nos centros urbanos. A situação tornou-se mais complexa à medida que milhões de pessoas deslocadas regressaram às províncias natais após a guerra [35].

3.2 ÁREA RURAL EM ANÁLISE: ALTO CAUALE

A área rural em estudo é o município de Alto Cauale, pertence a província de Uíge e tem uma extensão territorial de 3063.9 km². Em 2003 tinha uma densidade populacional de 25 habitantes por km² [36, 37].

No município a principal actividade económica é agrícola e o rendimento médio diário do agregado familiar é 100 e 150 kwanzas, o equivalente a 1,06 a 1,59 dólares norte americanos (com a taxa de conversão de 1 KZ = 0,0106 USD Americanos) [32]. A maioria da população vive em condições de pobreza extrema, com a construção da habitação a ser feita de adobo, pau-a-pique, capim e chapa para cobertura e o piso da habitação é normalmente em terra [35].

É verificado carência de bem essenciais como água de abastecimento canalizada e saneamento. A água consumida pela maioria da população provém de riachos que distam das habitações em média 1,5 a 1,8 km, sendo tarefa das crianças e mulheres ir buscar água para a família. Consequentemente a percentagem de crianças em idade escolar a frequentar a escola é reduzida. Nas 79 escolas primárias do município só 11% da população (crianças e adultos) frequenta a escola [35].

O acesso à saúde é reduzido, devido aos baixos rendimentos e a falta de infra-estruturas (estradas de acesso, equipamento médico e pessoas com formação em saúde). No município existem 12 postos de saúde que prestam os serviços mínimos de cuidado [35]. Um dos principais problemas da população é a falta de água potável confiável, facto que aumenta o número de casos de disenterias e viroses. Nas zonas rurais como o município Alto Cauale estima-se que consumo médio de água por dia seja de 5 litros, quando em média um habitante por dia em Angola consome 25 litros [34, 38].

A electricidade no município é obtida por geradores a diesel, que funcionam em média seis horas por dia e não abrange toda a população. A sede municipal, Cangola, possui um gerador de capacidade de 45 KVA. A empresa nacional de energia (ENE) na província de Uíge tem disponível 1 MW e 70% da linha de transmissão instalada a norte de Angola, é de 220 kV [27, 34, 37].

3.3 RESUMO DO CAPÍTULO 3

Angola pertence a região Subsaariana africana que actualmente é verificado maior percentagem de população sem acesso á electricidade. O consumo de electricidade médio *per capita* nesta região é de 0,50 tep.

Angola tem um sistema de abastecimento de serviços públicos básico muito debilitado, apenas 20% da população está ligada a rede eléctrica. Com o transporte e distribuição de energia a serem o principal obstáculo no processo de electrificação do país, devido essencialmente a falta de infra-estruturas, a baixa taxa de cobrança eléctrica ao consumidor e as ligações ilegais a rede (aproximadamente 20%).

É nas zonas rurais que existe maior incidência da pobreza. Em 2001, cerca de 97% população rural era pobre. Estima-se que 70% da população viva abaixo do limiar de pobreza, com 1,7 USD americanos por dia. No relatório de desenvolvimento humano de 2010, Angola está classificada em 146º lugar com um IDH de 0,404 num conjunto de 169 países. Numa perspectiva de desenvolvimento, o Banco mundial estima que entre 2007 e 2020, Angola apresente uma taxa de crescimento populacional de 2,6%.

Em muitas províncias angolanas a electricidade é gerada por sistemas isolados com recurso a combustíveis fósseis (principalmente gásóleo). No município Alto Cauale, o acesso á electricidade é limitado e frequentemente corre interrupções por falta de combustível. A biomassa é a energia mais utilizada para a preparação da alimentação e iluminação. Mas existem muitas habitações que utilizam as lâmpadas de queroseno para iluminação.

O rendimento médio diário do agregado familiar de 5 elementos varia entre 1,06 a 1,59 USD americanos. A maioria da população não tem acesso a saúde, educação e a justiça. A maioria das crianças e mulheres trabalham na agricultura ou deslocam-se para ir buscar água, que pode ser de riachos. Actualmente, o município começa a disponibilizar camiões cisterna com água potável á população. Estima-se que nesta zona o consumo *per capita* é de 5 litros por dia.

4 METODOLOGIA APLICADA

A electrificação requer investimentos elevados na implementação de sistemas que satisfaçam a procura eléctrica. É essencial a projecção do aumento da procura eléctrica e qual o sistema capaz assegurar os requisitos energéticos sem comprometer o desenvolvimentos sustentável.

Neste capítulo, será apresentado alguns cenários passíveis de análise pelo Leap. Análise centra-se no tipo e forma de produção de energia mediante a procura energética. Comparando a produção centralizada e descentralizada para a mesma procura. E qual o sistema de produção mais adequado e o tipo de energia, fóssil ou renovável.

O município de Alto Cauale, não possui descrição detalhada do sector energético. Os dados considerados em análise provêm de estudos ou relatórios oficiais. Em algumas situações considera-se valores de referência do país. Não é possível a criação de cenário com tecnologia de energia eólica, devido a falta de mapa de ventos, limitando a comparação de cenários de energia renovável.

4.1 APLICAÇÃO DO LEAP

A utilização do LEAP permite a comparação de cenários, tanto do lado da procura como da oferta. E qual o efeito das opções e medidas políticas no processo de electrificação, a médio e longo prazo.

A modelação do sector energético do município de Alto Cauale teve por base as premissas da tabela 4.1 e como ano base 2009 (considerando alguns valores relativos a 2002). As formas de energia em análise são: electricidade, Biomassa, Carvão, Queroseno, Gasóleo e Gás de Petróleo Liquefeito (GPL).

Tabela 4.1: Premissas base de análise [9]

Premissa	Unidades	Grandeza
Rendimento anual	[USD Americanos]	389
População Residente	[Hab]	75000
Nº do Agregado Familiar	[Hab]	5
Área superficial	[km ²]	3064
Densidade Populacional	[Hab/km ²]	25
Taxa de crescimento da População	[%]	2,6

4.1.1 PROCURA ENERGÉTICA

No processo de análise de electrificação do município Alto Cauale, considera-se que numa residência típica, a iluminação apresenta uma carga de 2 lâmpadas incandescentes de 9W por hora; tendo uma necessidade diária de 72 W por dia. No caso de ter aparelhos como televisão, rádio entre outros de pequeno consumo, a carga é de

36 W, tendo uma necessidade diária de 144W. A presença de equipamentos refrigeradores como pequenos frigoríficos ou arcas frigoríficas de 36W por hora requer por dia 888W [6].

A captação de água por bombagem eléctrica é diferenciada em residencial e comunitária. Na residencial o consumo *per capita* é maior que na comunitária, com 21 l/dia e 5 l/dia respectivamente. Considera-se que a bombagem de água nas residências é feita por uma bomba de 1,2kW, capacitada para bombear um caudal máximo de 5 mil litros por hora [39].

No sector dos serviços, considera-se que uma escola tem 2 salas com 2 lâmpadas de 20W e 1 lâmpada de 9W na casa de banho, tendo uma necessidade diária de 178W. Se existir material informático, a carga é de 90W, requerendo por dia 180W [6]. A carga do sistema de saúde por doente considerada é 53.67 W por hora [40]. A iluminação pública é determinada com base na equação 1, e no pressupondo que o tipo de lâmpada instaladas é de vapor de sódio de baixa pressão de potência de 40W. É considerado que por cada km de rede existe um candeeiro de iluminação a cada 25m, tendo-se 40 candeeiros por km de rede.

$$\frac{\frac{kW_{lâmpadas}}{km_{rede}} \times n^{\circ} \text{ horas funcionamento no ano} \times \frac{km_{rede}}{km^2}}{\text{densidade populacional}} \quad (1)$$

A densidade da rede (km da rede por km²) é tanto maior quanto mais dispersa estiverem os aglomerados habitacionais. Comparando a área do município a uma área de superfície esférica, é possível determinar o valor da densidade da rede através da equação 2.

$$A = 4\pi r^2 \Leftrightarrow \frac{r}{A} = \frac{2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}}{A} \quad (2)$$

A iluminação pública obtida por lâmpadas de queroseno considera para efeitos de cálculo um consumo médio de 0,4l queroseno por dia correspondendo ao consumo de uma lâmpada por dia [41].

Em Angola o consumo *per capita* anual com uso exclusivo de biomassa (lenha) é de 234kg. Em média o consumo *per capita* de biomassa (lenha) no país é de 102kg. O consumo *per capita* anual de carvão é de 100kg. A Cocção dos alimentos é realizada pela queima de combustíveis fósseis. Em Alto Cauale, existe maior percentagem de

residências com fogões a carvão que a biomassa. Uma botija de GPL de 12kg dura em média 40 dias [7, 27].

A figura 4.1 apresenta a desagregação dos consumos *per capita* por sector de consumo, as percentagens de consumo de cada sector e compacta os dados de entrada do lado da procura inseridos no Leap. As percentagens consideradas, no ano base, em análise têm por base o contexto socioeconómico do município fase ao país.

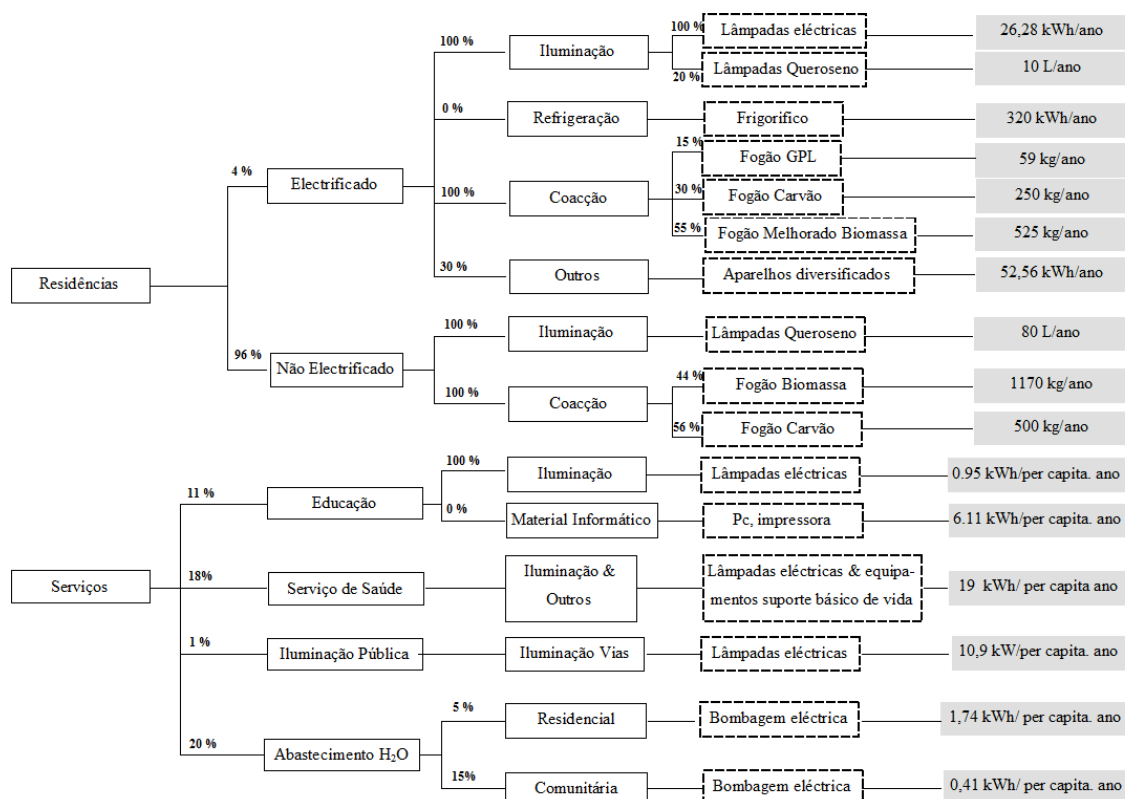


Figura 4.1: Desagregação dos consumos *per capita* por sector no ano de base.

4.1.2 CRIAÇÃO DE CENÁRIOS

A criação de cenários permite analisar as diferentes opções de sistemas de energia. Neste sentido, criaram-se quatro cenários dentro do cenário referência. Os cenários criados encontram-se na tabela 4.2. Todos os cenários criados consideram a energia existente no cenários de referência, isto é, o gerador do cenário de referência continua a produzir energia para a rede em todos os cenários futuros.

Os cenários de sistema energético descentralizado consideram que em 2020, cerca de 33% das residências tem ou painéis solares fotovoltaicos ou geradores a diesel [39]. Os sistemas energéticos centralizados adicionam 50 kW a rede de forma a garantir 30% das

reservas energéticas do ano base. O tempo de vida do painel fotovoltaico é de 20 anos e para o gerador de 10 anos [9, 42].

Tabela 4.2: Características dos cenários do lado da oferta de energia.

	Cenários	Energia primária	Potê	Capacidade endógena [kW]	Eficiência [%]	Carga de funcionamento [%]
Referência	Gerador	Diesel	111	-	33	25
Sistema Descentralizado	Fotovoltaico	Sol	0,130	-	100	17
	Gerador	Diesel	0,200	-	33	80
Sistemas Centralizado	Fotovoltaico	Sol	0,130	50	100	17
	Gerador	Diesel	111	50	33	80

O cenário referência projecta o crescimento da procura energética e da oferta relativamente ao ano base. Para análise, foi considerado um crescimento residencial de 2,6% ao ano e uma taxa de crescimento de rendimento 3,5% ao ano. Estes factores contribuíram para o aumento da procura energética através da aquisição de equipamentos eléctricos e aumento de pontos de consumo. Relativamente ao sector de serviços, perspectiva-se um crescimento de 2,4% ao ano [34]. A taxa de crescimento de procura energética no sector residencial teve por base os indicadores de Pobreza em Angola é apresentada na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Taxa de crescimento anual do sector residencial

	População com acesso a iluminação eléctrica	População com acesso a aparelhos	População com frigoríficos
[%]	1,09	2,4	2,4

Os valores presentes na tabela 4.4 são valores assumidos para o sector de serviços, na falta de informação específica e com base nos indicadores de pobreza em Angola.

Tabela 4.4: Taxa de crescimento anual do sector de serviços

	População com abastecimento H ₂ O nas residências	População com acesso abastecimento comunitário	População com acesso saúde	População com acesso educação	População com acesso a iluminação pública
[%]	0,17	0,13	2,6	1,18	1,47

4.1.2.1 CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Os sistemas de energia descentralizados têm a vantagem de não apresentar custos de expansão de rede eléctrica relativamente aos centralizados. Na análise considerou-se que os custos de tecnologia solar e de operação e manutenção (O&M) dos sistemas descentralizados e centralizados iguais por kWh produzido. Procedendo de igual forma para os geradores a diesel. Os custos de capital, operação e manutenção são fixos e anuais, encontram-se na tabela 4.5. Os custos de O&M apresentam uma taxa de crescimento de 0.5% ao ano.

Tabela 4.5: Custos de capital e O&M dos sistemas energéticos em análise [14].

	Custo de Capital [USD/kW produzido]	Custo de O&M fixos anuais [USD/kWh]
Fotovoltaico	5.503,00	24,00
Gerador a Diesel	1.000,00	43,00

Os custos de distribuição de energia estão presentes nos sistemas centralizados e reflectem o custo de expansão da rede pela quantidade anual de energia injectada. O custo de expansão de rede é determinado pela equação 3. O custo por km de rede considerado foi de 300.993,70 USD americanos [43]. A equação 4 expressa a equação 3 em unidades.

$$\frac{\text{custo por km da rede}}{\text{consumo per capita} \times \text{densidade populacional}} \times \text{densidade da rede} \quad (3)$$

$$\frac{\frac{\text{€}}{\text{km}_{\text{rede}}}}{\frac{\text{kWh}}{\text{Habitante}} \times \frac{\text{Habitante}}{\text{km}^2}} \times \frac{\text{km}}{\text{km}^2} \quad (3)$$

4.1.2.2 CUSTOS DA ENERGIA PRIMÁRIA

A energia de origem fóssil em Angola é relativamente económica comparativamente aos preços nos países desenvolvidos. Mas considerando o rendimento médio dos habitantes angolanos, os combustíveis não são acessíveis a maioria das famílias, principalmente das áreas rurais. O custo por litro dos combustíveis em análise é apresentado na tabela 4.6.

Tabela 4.6: Custo de importação de combustíveis [44].

	Diesel	Queroseno	GPL	Carvão
USD /L	0,310	0,383	0,401	0,107

4.1.3 ANÁLISE DE CENÁRIOS

A análise dos resultados obtidos pelo Leap indica que, o sistema descentralizado apresenta *outups* mais baixos que o centralizado, como apresenta a figura 4.2. Analise compreende conjuntamente os custos sócias e o impacto ambiental dos sistemas considerados. Os custos sociais são apresentados na figura 4.3, sendo o sistema centralizado á diesel o que apresenta maior custo. A figura 4.4 evidencia a emissão de gases com efeito de estufa, mostrando que o sistema descentralizado é menos poluente.

O resultado obtido afasta-se ao que a literatura aponta como melhor solução na electrificação de áreas rurais. Mas o resultado é variável mediante as premissas em análise. E um factor preponderante na modelação é a percentagem de penetração de tecnologias renováveis no mix energético da área. No nesta análise, considera-se que 33% do sector residencial irá ter um painel fotovoltaico.

Outros factores que interferem com os resultados são o preço dos combustíveis e a margem de reserva energética. O preço real dos combustíveis da área (ver tabela 4.6), é baixo relativamente a média dos países desenvolvidos. E para os sistemas centralizados considera-se uma margem de 30% das reservas energéticas do ano base, sendo adicionados 50 kW sempre que a margem de reserva seja inferior a 30%.

Os cenários criados consideram todas as premissas do ano de referência. Mantendo-se em todos os cenários, o gerador a diesel já existente na zona. No entanto verifica-se que o acrescento de novas fontes produtoras de energia, não consegue abranger uma fracção da população e outra é abastecida de forma irregular. Existindo horas sem abastecimento de electricidade, principalmente em horas de carga máxima.

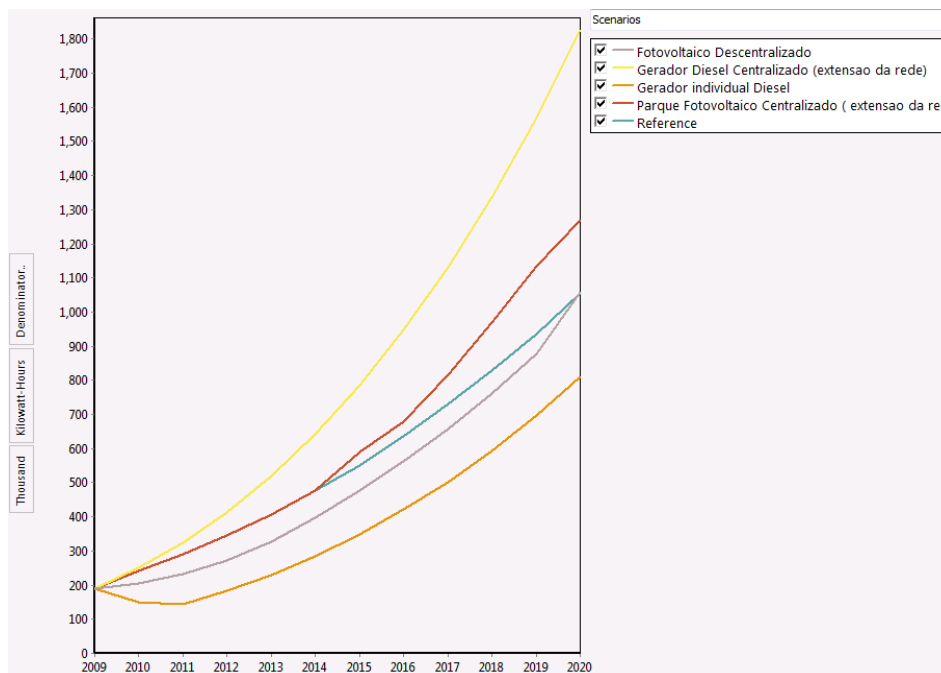


Figura 4.2: Oferta de energia em cada cenário.

Como referido, a figura 4.3 evidencia os custos sociais dos cenários considerados. Saliente-se que os sistemas centralizados apresentam maiores custos, essencialmente devido a extensão da rede. O custo da electricidade por km de rede é tanto mais elevado quanto mais distante for o aglomerado populacional e menor a densidade populacional.

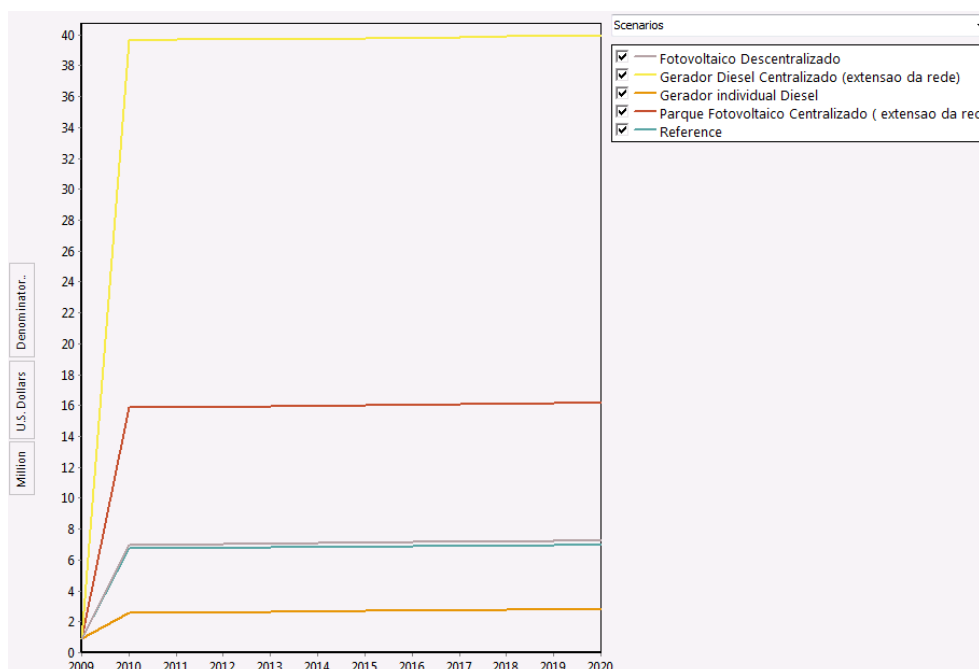


Figura 4.3: Custos sociais de implementação dos cenários.

Entre o sistema de energia solar descentralizado e o gerador a diesel, o cenário a diesel do ponto de vista de implementação é o que apresenta menor custo, e devido aos dos combustíveis fósseis terem preços relativamente baixos em Angola e por apresentarem uma tecnologia mais acessível. Facto que favorece a produção a diesel face a solar.

Os sistemas descentralizados são o que apresentam menor emissão de GEE, como ilustra a figura 4.4. O gerador a diesel descentralizado graficamente é o que emite menos, este facto deve-se a existência do gerador a diesel instalado no ano de referência, influenciando negativamente os valores do sistema descentralizado solar.

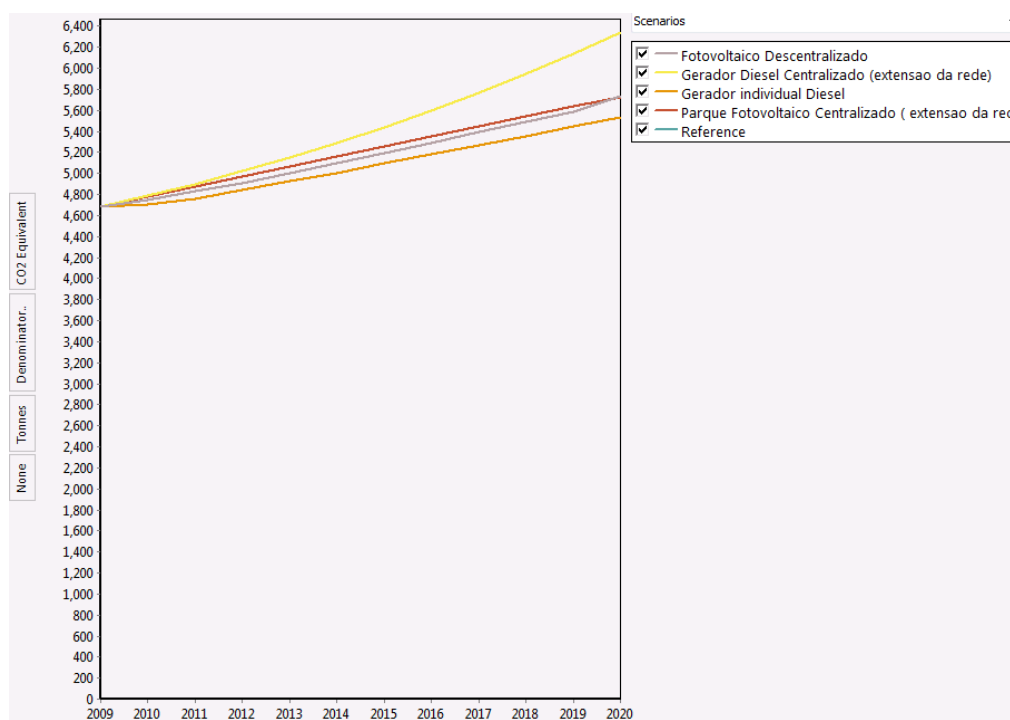


Figura 4.4: Emissão de Gás com efeito de estufa pelos cenários

Caso a produção de energia nos cenários de energia solar consistissem unicamente nesta forma de energia, os sistemas evidenciariam zero emissões na produção de energia.

4.2 RESUMO DO CAPÍTULO 4

A electrificação de uma área deve ser analisada a médio e longo prazo, através de modelos energéticos e com aplicação de ferramentas de modelação. Neste âmbito a utilização do Leap, permite uma análise baseada na relação procura/oferta para um determinado período de tempo. A criação de cenários tem por objectivo a comparação de sistemas de

produção centralizado e descentralizada, e de tecnologias convencionais (geradores a diesel) e tecnologia de produção mais limpa (painel fotovoltaico).

Na estruturação do ano base (2009) é necessária a caracterização da procura energética e da oferta, da área de estudo. Neste sentido a procura energética é devida em dois sectores de consumo, doméstico e serviços, como evidencia a figura 4.1. Com o modelo de cálculo do consumo *per capita* do sector de serviços de iluminação pública é apresentado na equação 1.

As características da oferta de energia dos quatro cenários considerados encontram-se na tabela 4.2. Em que o cenário de referência projecta, o crescimento da procura energética e da oferta relativamente ao ano base. As tabelas 4.3 e 4.4 apresentam os valores da taxa de crescimento anual dos sectores de consumo considerados.

As duas vantagens dos sistemas de produção descentralizada face aos centralizados são os menores custos de expansão da rede eléctrica e a menor emissão de GEE. Os custos de expansão da rede são determinados pela equação 3. Visando que em zonas pouco povoadas e de população dispersa o sistema de produção descentralizada de energia eléctrica é mais vantajoso relativamente ao centralizado. Por não apresentar custos associados a distribuição de energia e por ser independente das variações dos preços dos combustíveis. Por sua vez, em zonas com elevado índice populacional e população muito aglomerada o processo centralizado permite um desenvolvimento sustentável maior, devido a despesa ser dividida por um maior número de consumidores.

Aplicação do Leap permitiu visualizar que o cenário do gerador a diesel centralizado com expansão da rede para as premissas consideradas é o que permite abastecer um maior número de residências, como evidencia a figura 4.1. Isto acontece porque, a percentagem de penetração das tecnologias no mix energético na área de estudo é baixo (33% das habitações) relativamente as convencionais que têm assegurado uma margem de reserva energética de 30%.

Relativamente aos custos sociais, os sistemas descentralizados são os que apresentam menores custos e menor emissão de GEE, como é visível pela figura 4.2 e 4.3 respectivamente. Nos sistemas descentralizados é verificado menor custo no cenário do gerador a diesel, devido ao preço do diesel ser relativamente baixo comparativamente com os países desenvolvidos. No caso de estudo os sistemas de produção recorrendo a combustíveis fósseis são os que apresentam maior vantagem, devido a existência do gerador a diesel no ano base.

Em suma, é verificado que o leap é uma ferramenta importante e interessante na simulação de cenários e complementa as tomadas de decisões no processo de electrificação, em especial de zonas rurais. As premissas introduzidas no software condicionam os resultados finais, quanto mais próximas da realidade, melhores as projecções obtidas. A análise dos resultados deve ser contextualizada com o ano base e atender ao factor tempo. Neste caso específico, a produção centralizada é a que permite abastecer um maior número de famílias, no entanto apresenta maiores custos e maior impacto ambiental. Neste sentido, compete ao poder político decidir se, o mais importante para o país é ter um grande número de famílias com acesso a electricidade ou ponderar um crescimento e desenvolvimento mais demorado mas mais sustentável, apostando nas energias renováveis e em sistemas descentralizados de energia.

5 CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O objectivo desta dissertação é contribuir para a tomada de decisões na implementação de sistemas eléctricos nas zonas rurais em países em desenvolvimento. Neste sentido foram analisados e comparados cenários de sistemas de geração de energia de origem fóssil e renovável que melhor suprimem a procura nas zonas rurais dos países em desenvolvimento com base na sustentabilidade.

É do conhecimento geral e da comunidade científica que a electrificação rural permite mudanças significativas na qualidade de vida dos beneficiários; entre as quais, o desenvolvimento socioeconómico da zona e consequentemente o desenvolvimento humano sustentável, o aumento da esperança média de vida, a diminuição da taxa de mortalidade infantil através da redução da poluição do ar interior das residências como resultado da queima de biomassa, o abastecimento de água tratada e a melhoria do sistema de saúde principalmente a vacinação das crianças entre outros benefícios.

Apesar do esforço de vários organismos não governamentais e do governo, no mundo existem várias pessoas que vivem em condições de pobreza extrema, e o acesso a electricidade é a esperança de uma condição de vida melhor. Como referido anteriormente, um estudo elaborado pela AIE (agência internacional de energia) (2011) [44] revela que em 2011 existem 1.3 biliões de pessoas no mundo sem acesso a electricidade. Este número corresponde aproximadamente a 20% da população mundial; e deve-se essencialmente a falta de reformas do plano energético de muitos países em desenvolvimento, a pobreza verificada nas áreas rurais e a falta de cooperação e acção da comunidade internacional.

A expansão sustentável do acesso a fontes de energia modernas é referida na literatura como uma solução para obtenção do desenvolvimento sustentável. A aplicação de tecnologias mais limpas e com recurso a energias renováveis nas zonas rurais contribuir para o equilíbrio do mix energético mundial, para o controlo das emissões de GEE, aumento da segurança de abastecimento, incremento da competitividade económica e promove o desenvolvimento sustentável. Devido a energia renovável ser um recurso endógeno, ter uma distribuição geográfica mais homogénea e por não ser poluente na produção de energia.

A pertinência do uso do LEAP como ferramenta de modelação neste estudo prende-se com o facto deste, permitir caracterizar os sectores responsáveis pelo consumo e produção de electricidade atendendo a evolução do tempo. A comparação de cenários considerando tanto os sistemas de produção de energia descentralizada e centralizada com recurso a tecnologias mais limpas de origem renovável ou fóssil, demonstra ser de extrema importância no planeamento energético. É de mencionar que a caracterização dos sectores da procura e da oferta mostrou alguns constrangimentos na elaboração dos cenários, essencialmente devido a escassez de informação verificada nas áreas rurais e países em desenvolvimento.

Pelo referido anterior, o sistema de produção descentralizado associado às tecnologias mais limpas de origem renovável demonstra ser mais vantajoso na electrificação de zonas rurais, essencialmente por não apresentar custos de extensão de rede. No entanto, como é referido na literatura, os sistemas de produção dependem da densidade e dispersão populacional da zona. Assim, em zonas pouco povoadas e de população dispersa, o sistema de produção descentralizada de energia eléctrica é mais vantajoso relativamente ao centralizado.

A consulta bibliográfica e a análise do presente caso de estudo permite concluir que a electrificação rural deve integra-se na estratégia de desenvolvimento do meio rural. Neste sentido deve apresentar preços que reflectam custos reais e de viabilidade financeira do sistema de abastecimento com a finalidade de estabelecer o direito de acesso mas não o direito à electricidade.

É responsabilidade do poder político estabelecer a estratégia de desenvolvimento rural a médio e longo prazo com o objectivo de atingir a dependência e crescimento do sector eléctrico. Neste âmbito, as reformas enumeradas na bibliografia de maior sucesso são a privatização e a criação de uma entidade reguladora independente que garanta a igualdade de acesso ao mercado e defenda os direitos dos consumidores. No entanto,

caso as tarifas eléctricas cobradas à população continuem a ser subsidiadas pelo governo, continuar-se-á adiar o investimento em sistemas de energia limpa, pois as tarifas baixas e as reduzidas taxas de cobrança vão limitar substancialmente o interesse de potenciais investidores para o sector ou para colaborar com as empresas de electricidade.

No global o fornecimento de energia para áreas rurais, deve reconhecer a multiplicidade de fontes de energia e a natureza do reforço do rendimento rural. O esforço para o uso e integração de tecnologias de geração com base em combustíveis convencionais ou de recursos renováveis de rendimento elevado pode ser um factor decisivo para a electrificação das zonas rurais.

O desenvolvimento e a revitalização das áreas rurais requer infra-estruturas básicas, tais como, escolas, hospitais e serviços financeiros que incrementem a economia local; só assim será possível a fixação da população e obter desenvolvimento. No entanto, o crescimento da população pode tornar-se um problema no desenvolvimento rural, essencialmente, devido ao crescimento desordenado dos bairros periféricos, por não permite as autoridades controlar a cobrança dos serviços prestados nem dimensionar os sistemas energéticos de forma a satisfazer a procura.

Em síntese, apesar de se verificar que as energias renováveis apresentam vantagens face às de origem fóssil, a tendência global é de aumentar o consumo de combustíveis fósseis. Neste sentido, se os padrões de consumo não forem alterados, os países desenvolvidos ficam dependentes dos países em desenvolvimento. Assim, torna-se fundamental repensar a forma de produção e distribuição de energia nos países em desenvolvimento. A produção descentralizada evidencia-se como uma solução capaz para satisfazer as necessidades da procura e garantir o desenvolvimento sustentável. No entanto, os sistemas de energia integrada demonstram ser a melhor solução capaz de assegurar e garantir a segurança de abastecimento das populações tanto dos países desenvolvidos como dos em desenvolvimento.

A natureza deste estudo não permitiu determinar qual a influência exacta da dispersão da população na densidade de rede eléctrica de distribuição. Seria interessante analisar mais detalhadamente a influência da densidade populacional na rentabilidade dos sistemas de energia. Podendo este factor vir a ser objecto futuro de estudo, bem como os mecanismos de financiamento de tecnologias com uso de energias renováveis.

Actualmente existem duas formas dos países em desenvolvimento recorrerem à ajuda internacional para a electrificação rural. Uma é submeterem os seus projectos a

Comissão Europeia, que financia projectos de micro-redes de recursos renováveis no contexto do regime de redução da pobreza extrema até 2015, no âmbito do desenvolvimento do milénio. Outra é no âmbito do protocolo de Quioto, que estabeleceu três mecanismos de flexibilização que permitem aos países não cumpridores dos valores limites de emissão estabelecidos poderem negociar essas emissões com países que não excedem a emissão de GEE. Neste sentido os países em desenvolvimento, podem vender as suas cotas de emissão aos países desenvolvidos, através do mecanismo do comércio internacional de emissão ou mercado de carbono, e desta forma financiar a implementação de tecnologias limpas para produção de energia eléctrica, promovendo o desenvolvimento sustentável do país [31].

Como referido anteriormente, compete ao poder político decidir se, o mais importante é ter um grande número de famílias com acesso a electricidade ou considerar um desenvolvimento moroso e mais estruturado. As energias renováveis e os sistemas descentralizados de energia permitem a obtenção de um desenvolvimento sustentável.

6 BIBLIOGRAFIA:

- [1] International Energy Agency. World Energy Outlook 2011. Energy for all: Financing access for the poor 2011, 2011 [Consult. 20 Nov. 2011] Disponível em www: <URL www.worldenergyoutlook.org>
- [2] Haanyika M.Charles – Rural electrification policy and institutional linkages, Energy Policy 34 (2006) 2977-2993, 2005.
- [3] Kankam, Stephen. Boon, Emmanuel. Energy delivery and utilization for rural development: Lessons from Northern Ghana. Energy for Sustainable Development. ScienceDirect, 2010.
- [4] Thiam, D. Racine, Renewable decentralized in developing countries: Appraisal from microgrids project in Senegal, Renewable Energy, (2010) 1-9, 2009, [Consult. 13 Jan. 2011]
- [5] Oda, Hisaya. Tsujita, B Yuko. The determinants of rural electrification: The case of Bihar, India. Energy Policy, 2011. [Consult. 4 Jun. 2011]
- [6] Chaurey A., Kandpal T.C. A techno-economic comparison of rural electrification based on solar home systems and PV microgrids. Energy Policy, 2010 [Consult. 17 Jun. 2011]
- [7] Pereira, G Marcio. Freitas, V. Marcos. Silva, F. Neilton. Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil, ScienceDirect, 14, (2010) 1229-1240, 2009. [Consult. 1 Set. 2011]
- [8] Hammond, Abeeku. e Kemausuor, Francis. Energy for all in Africa — to be or not to be?!. ScienceDirect, 83-88, 2009. [Consult. 10 Jan. 2010]
- [9] Kanase-Patil, A. Saini, R. Sharma, M. Integrated renewable energy systems for off grid rural electrification, Renewable Energy , (2009) 1-8, 2009, [Consult. 4 Jan. 2011]
- [10] World Energy Council, Eficiencia energetica: uma analise mundial, Ago. 2004. . [Consult. 4 Jun. 2011] Disponível em www: <URL www.worldenergy.org>
- [11] Wall, Goran. Energy, society and Morals, [Consult. 6 Jul. 2011] Disponível em www: <URL <http://exergy.se>>

- [12] International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2010. [Consult. 6 Set. 2011] Disponível em www: <URL <http://www.iea.org/statist/index.htm>>
- [13] HUMAN DEVELOPMENT REPORT 2010, Reaffirming human development. [Consult. 6 Set. 2011] Disponível em www: <URL <http://hdr.undp.org>>
- [14] Gamboa, R.- Desenvolvimento sustentável para controlo da população humana (tertúlia apresentada ESTM), 2003. [Consult. 12 Mai. 2011] Disponível em www: <URL: <http://www.solar.fc.ul.pt> f>
- [15] Eurostat news release, Energy in the UE 2005. 126/2006, (21 Set. 2006)
- [16] Gouveia J. Borges. Sebenta de disciplina: Política Energética (2009 - 2010). Universidade Aveiro
- [17] Centric Austria International. Energy policy in a changing world. [Consult. 1 Set. 2011] Disponível em www: <URL <http://www.centric.at/services/energy-and-environment/energy-and-climate/meeting-the-goals-of-the-kyoto-protocol>>
- [18] Miranda, A. Monteiro, A. Lopes, M. Sebenta de disciplina: Gestão da Qualidade do Ar (2009 - 2010). Universidade de Aveiro
- [19] Teixeira, Severiano N.- Europa, África e os desafios à segurança internacional, Luanda, 16 Out 2007. [Consult. 2 Jan. 2011] Disponível em www: <URL: <http://www.mdn.gov.pt>>
- [20] O diálogo político internacional [Consult. 20 Ago. 2011] Disponível em www: <URL ec.europa.eu/development>
- [21] Gouveia, J. Borges. Martins, N. Sebenta de disciplina: Gestão de Energia (2008 - 2009). Universidade Aveiro
- [22] Protocolo de Quioto relativo às alterações climáticas [Consult. 29 Set. 2011] Disponível em www: <URL <http://europa.eu>>
- [23] Interlaboratory working group on energy-efficient and clean energy technologies, Scenarios for a clean energy future, Nov. 2000. [consult. 25 Jan. 2011]

- [24] Borges, J.- Electrificar angola com energias limpas: as energias limpas como fator de desenvolvimento em angola. Luanda, 2011. [Consult. 12 Mai. 2011] Disponível em www: <URL: <http://www.minea.gv.ao/index>.>
- [25] Community for energy, environment and development. [Consult. 12 Mai. 2011] Disponível em www: <URL:www.energycommunity.org >
- [26] Ministério da Energia e Águas – Programa de investimento dos sectores eléctrico e águas até 2016. [Consult. 12 Mai. 2011]. Disponível em www: <URL: <http://www.minea.gv.ao/index>.>
- [27] Agencia Internacional de Energia – Angola, desenvolvimento de uma estratégia para energia, 2006. [Consult. 10 Fev. 2011] Disponível em www: <URL www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/angola_portugais.pdf>
- [28] Lemaire, Xavier. Sustainable Energy Regulation Network. University College London, Energy Institute. 2011. [Consult. 4 Dez. 2011]
- [29] Acesso a Electricidade. [Consult. 1 Set. 2011] Disponível em www: <URL www.iea.org/weo/electricity.asp>
- [30] Electricidade. [Consult. 1 Set. 2011] Disponível em www: <URL www.erse.pt/pt/electricidade>
- [31] Gouveia N., Mesquita L., Mercado do Carbono. Departamento de patentes e modelos de utilidade. Instituto nacional da propriedade industrial. (2011)
- [32] Orecchini, Fabio. The era of energy vectors. ScienceDirect, 31, (2006) 1951-1954, 2006, [Consult. 4 Jun. 2011]
- [33] Ministério do Urbanismo e Ambiente. Relatório do estado geral do ambiente em Angola, Programa de Investimento Ambiental. Governo de Angola. 2006. [Consult. 13 Set. 2011]
- [34] República de Angola Governo de Unidade e Reconciliação Nacional, ministério do planeamento - Estratégia de Combate a pobreza: Reinserção social, reabilitação e reconstrução e estabilidade económica, edição revista 2005. [Consult. 22 Jun. 2011] Disponível em www: <URL http://planipolis.iiep.unesco.org/upload/Angola/Angola_ECP.pdf>

- [35] Mbomba, Miguel. Henriques, Pedro. Rego, Maria. e Carvalho, Maria. – Estratégias de desenvolvimento rural para redução da pobreza, caso dos municípios de Alto-Cauale, Ambaca e Negage, Norte de Angola. [Consult. 4 Mai. 2011] Disponível em www: <URL [www.ela.uevora.pt/download/ELA desenvolvimento rural 01.pdf](http://www.ela.uevora.pt/download/ELA_desenvolvimento_rural_01.pdf)>
- [36] Organização das Nações Unidas para agricultura e alimentação e Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural - Revisão do sector agrário e da estratégia de segurança alimentar para definição de prioridades de investimentos (tcp/ang/2907) Angola, diagnostico rural rápido da zona agro-ecológica planáltica sistema café-mandioca província do Uíje, 2004. [Consult. 6 Jun. 2011] Disponível em www: <URL [www.minader.org/pdfs/fomento/volume_ii/diagnostico rural uige.pdf](http://www.minader.org/pdfs/fomento/volume_ii/diagnostico_rural_uige.pdf)>
- [37] *Jornal Angola - Uíje, a vida em marcha lenta*, 23 Jan. 2011 [Consult. 10 Jun. 2011] Disponível em www: <URL cc3413.wordpress.com/tag/alto-cauale>
- [38] Angola Desenvolvimento Sector Água. [Consult. 27 Jul. 2011] Disponível em www: <URL www.Kunenerak.org>
- [39] CATÁLOGO 2011. BOMBAS DE ÁGUA - Electrobombas - Grupos Residenciais [Consult. 27 Jul. 2011] Disponível em www: <URL www.cudell.pt>
- [40] M, Devine. The Alaska Village Electric Load Calculator, National Renewable Energy Laboratory. 2004. [Consult. 27 Jul. 2011]. Disponível em www: <URL WWW.nrel.Gov>
- [41] Mills E. Technical and Economic Performance Analysis of Kerosene Lamps and Alternative Approaches to Illumination in Developing Countries, Energy Analysis Department Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California. 2003. [Consult. 25 Set. 2011]. Disponível em www: <URL: evanmills.lbl.gov>
- [42] Magazine Energia & Águas. [consult. 27 Jul. 2011]. Disponível em www: <URL: <http://www.minea.gv.ao>>
- [43] Jornal de Marco de Canaveses “AVerdade”. Paredes: EDP investe 6,3 milhões de euros na melhoria da rede eléctrica do concelho. 11 de Jul de 2011[Consult. 7 Out. 2011]. Disponível em www: <URL: averdade.com>
- [44] AngoNoticias. Angola aumenta preço de gasolina e gasóleo. Fonte Lusa. (2010) [Consult. 20 Ago. 2011]. Disponível em www: <URL: angonoticias.com>

